

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Departamento de Física Atómica



TESIS DOCTORAL

**Probabilidades de transición de líneas del argon neutro y
regularidades de fuerzas de oscilador en la secuencia de los
gases nobles**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

María José García Borge

Madrid, 2015

TP
1984
024

María José García Borge



* 5 3 0 9 8 6 2 9 8 6 *
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

x-53-031480-x

**PROBABILIDADES DE TRANSICION DE LINEAS DEL ARGON NEUTRO
Y REGULARIDADES DE FUERZAS DE OSCILADOR EN LA SECUENCIA
DE LOS GASES NOBLES**

**Departamento de Física Atómica
Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid
1984**



BIBLIOTECA

Colección Tesis Doctorales. Nº

24/84

© María José García Borge
Edita e imprime la Editorial de la Universidad
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía
Noviciado, 3 Madrid-8
Madrid, 1984
Xerox 9200 XB 480
Depósito Legal: M-3290-1984

MEMORIA QUE PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
EN CIENCIAS FÍSICAS, PRESENTA

MARIA JOSE GARCIA BORGE

PROBABILIDADES DE TRANSICION DE LINEAS DEL ARGON
NEUTRO Y REGULARIDADES DE FUERZAS DE OSCILADOR
EN LA SECUENCIA DE LOS GASES NOBLES.

DIRECTOR: PROF. J. CAMPOS GUTIERREZ
CATEDRÁTICO DE FÍSICA
ATÓMICA EXPERIMENTAL.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
DEPT. DE FÍSICA FUNDAMENTAL

1982

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el Laboratorio de Física Atómica y Nuclear de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, bajo la dirección del Dr. D. José Campos Gutierrez.

La atmósfera de simpatía y comunicación existente en el Laboratorio y la cooperación amistosa de cada uno de sus miembros, me han permitido llevar a cabo este trabajo. Debo nombrar a los Drs. F. Arqueros y V. Fonseca por su apoyo y ayuda cotidianos. Al Prof. D. Carlos Sánchez del Río por sus valiosas discusiones, y muy especialmente, mi profundo agradecimiento al Prof. D. José Campos Gutierrez que me ha introducido en el mundo de la Física Experimental y me ha guiado a lo largo de este trabajo.

Quiero agradecer, también, la ayuda que de un modo u otro me han prestado todas aquellas personas que han estado a mi lado en el periodo de realización de esta memoria.

Por último, debo expresar mi agradecimiento a Julia Cereceda por su esmerada mecanografía y a Esther García por su estrecha colaboración en la preparación final de los ejemplares que aquí se presentan.

I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.	1
1.0. INTRODUCCION: METODOS DE MEDIDA DE VIDAS MEDIAS	5
1.1. METODO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA LA MEDIDA DE VIDAS MEDIAS	10
1.1.1. Método experimental	10
1.1.2. Dispositivo experimental.	13
1.1.3. Puesta a punto del sistema de medida. .	18
1.1.4. Efectos de las condiciones de medida. .	27
1.2. SELECCION, CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE LAS TRANSICIONES A ESTUDIAR.	30
1.2.1. Configuración electrónica, nomenclatura, niveles de energía.	30
1.2.2. Obtención del espectro del ArI excitado por impacto con electrones.	33
1.3. RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA MEDIDA DE LAS VIDAS MEDIAS	36
1.3.1. Configuración $3p^5 4p$	40
1.3.2. Configuración $3p^5 5p$	54
1.3.3. Configuración $3p^5 6p$	91
1.3.4. Configuraciones $3p^5 ns(n=6,7,8,9)$	95
1.3.5. Configuración $3p^5 4d$	105

	<u>Página</u>
I.3.6. Configuración $3p^65d$	133
I.3.7. Configuración $3p^66d$	166
I.3.8. Configuración $3p^67d$	180
II.0. INTRODUCCION A LA MEDIDA DE PROBABILIDADES DE TRANSICION.	187
II.1. METODO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA LA ME DIDA DE PROBABILIDADES DE TRANSICION	190
II.1.1. Método experimental.	190
II.1.2. Dispositivo experimental	192
II.1.3. Determinación de la eficiencia del sistema.	194
II.1.4. Calibración del integrador y compro- bación de otros factores	200
II.2. DETERMINACION DE LAS PROBABILIDADES DE TRAN- SICION RELATIVAS Y ABSOLUTAS	201
II.2.1. Probabilidades de transición absolu- tas y relativas desde niveles $3p^54p$	212
II.2.2. Probabilidades de transición absolu- tas y relativas para transiciones $5p+4s$	225
II.2.3. Probabilidades de transición absolu- tas y relativas para líneas $6p+4s$	239
II.2.4. Probabilidades de transición absolu- tas y relativas de transición $6s+4p$	243
II.2.5. Probabilidades de transición absolu- tas y relativas de líneas $7s+4p$	249

Página

II.2.6. Probabilidades de transición de líneas con origen en el nivel $8s 3/2 _2(55s)$.	253
II.2.7. Probabilidades de transición absolutas y relativas para transiciones $9s \rightarrow 4p$.	255
II.2.8. Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles $3p^5 4d$	257
II.2.9. Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^5 5d$. .	267
II.2.10. Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^5 6d$	278
II.2.11. Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^5 7d$. .	286
III.0. MAGNITUDES FUNDAMENTALES.	292
III.0.1. Coeficientes de Einstein	292
III.0.2. Fuerza de oscilador.	293
III.0.3. Probabilidad de transición espontánea.	294
III.0.4. Fuerza de línea.	296
III.1. FUERZAS DE LINEA PARA TRANSICIONES.	
(n+1)p \rightarrow (n+1)s DE LOS GASES NOBLES (np^6). . .	297
III.1.1. Fuerzas de líneas para transiciones $4p \rightarrow 4s$ del Ar I	297
III.1.2. Fuerzas de línea para transiciones	

	<u>Página</u>
(n+1)p+(n-1)s del Cripton (n=4) y del Xenon (n=5)	300
III.1.3. Comparación entre los distintos gases nobles.	302
III.2. REGULARIDADES EN LAS FUERZAS DE OSCILADOR DEL CONJUNTO DE TRANSICIONES (n+1)s+(n+1)p DE LOS GASES NOBLES (np ⁶)	306
III.2.1. Introducción: Regularidades basadas en el modelo de un solo electrón. . .	306
III.2.2. Regularidades en fuerzas de oscilador análogas para gases nobles.	307
III.3. REGULARIDADES EN FUERZAS DE OSCILADOR DE ATOMOS ISOELECTRONICOS: APLICADO A LOS ATOMOS DE ARGON NEUTRO (Ar I), POTASIO IONIZADO (K II) , Y CALCIO DOS VECES IONIZADO (Ca III)	311
III.3.1. Introducción.	311
III.3.2. Comparación de las fuerzas de oscilador para transiciones 4p+4s en los átomos isoelectrónicos: Ar I, K II y Ca III.	313
III.4. COMPARACION DE LAS VIDAS MEDIAS PARA NIVELES ANALOGA EN GASES NOBLES	315
IV. CALCULOS TEORICOS DE LAS PROBABILIDADES DE TRANSICION	319
IV.1. APROXIMACION DEL CAMPO CENTRAL	319

INTRODUCCION

La investigación en el campo de las probabilidades de transición y vidas medias ha experimentado un gran crecimiento en los últimos veinte años. El primer resumen bibliográfico publicado por el NBS en 1962 recogía 650 trabajos, en marzo de 1980 el número de trabajos era ya de 3000. El creciente interés por este tema se basa en un perfeccionamiento de las técnicas existentes y en una puesta a punto de nuevos experimentos que permiten acceder al estudio de átomos todavía no bien conocidos en estos aspectos.

Este esfuerzo en perfeccionar las técnicas experimentales se fundamenta en la exigencia de conocer con la mayor exactitud posible las probabilidades de transición. Especialmente las de gases inertes son importantes dado el extenso uso de sus plasmas en la Física de alta temperatura, así como en la Física del Laser y en Astrofísica. Se utilizan también estos gases inertes, Neon y Argon especialmente, como gases de llenado de lámparas de cátodo hueco, para los que el conocimiento exacto de las probabilidades de transición de las líneas más intensas serviría como referencia para identificar y medir parámetros atómicos de elementos para las que la bibliografía actual es prácticamente inexistente.

Las técnicas experimentales que se utilizan en la determinación de las probabilidades de transición se basan en el estudio de la emisión o absorción de luz o en técnicas relacionadas con ellas (dispersión anómala). Cada una de estas técnicas presenta ventajas e inconvenientes que han de ser sopesadas cuidadosamente en el momento de su aplicación. Sin embargo, un problema común a todas ellas y considerado como la mayor fuente de error, consiste en la necesidad de hacer suposiciones sobre la población de los

niveles.

En este trabajo se ha orillado este problema obteniendo las probabilidades de transición relativas. Estos valores se obtienen sin necesidad de conocer con precisión los parámetros de la fuente emisora, ni de hacer suposiciones teóricas sobre el modo de población de los niveles excitados. Estos valores se han pasado a escala absoluta en aquellos casos en que se conocía la vida media del nivel superior y todas las razones de ramificación. Este método aunque algo restrictivo es el que presenta menos fuentes de error.

Por otra parte, la medida de vidas medias de niveles excitados por la técnica de coincidencias diferidas tiene interés en sí mismo ya que los resultados obtenidos permiten evaluar la posibilidad de utilización del átomo correspondiente como laser, además de darnos información sobre la bondad de las funciones de onda aproximadas utilizadas en los cálculos, como elemento de estudio se ha tomado el Argon neutro fundamentalmente por dos razones.

Primero, es de los gases nobles el más utilizado en la física del laser y como gas de llenado es uno de los más empleados, eso hace que sus probabilidades de transición espontáneas sean de gran importancia, y quizás por esta causa éste gas junto con el Neon sean los más estudiados. Sin embargo, los resultados existentes se aunan en dos grupos que difieren entre sí de un 25 a un 35%.

Estas discrepancias que no se pueden explicar a partir de los errores experimentales ponen de manifiesto el problema todavía latente de obtener resultados exactos. Hay que señalar, además, que si los niveles menos excitados habían sido estudiados con anterioridad, los más excitados del Ar neutro nunca había sido objeto de un trabajo experimental.

Segundo, el Argon I es el único gas noble sobre el cual no

se había realizado un estudio sistemático en este equipo experimental. Con él se finaliza el estudio de los gases nobles no ionizados, permitiendo una comparación de los parámetros característicos encontrados para cada uno de ellos.

En el primer capítulo, se describe el método de excitación con electrones de baja energía y detección fotón a fotón en coincidencias diferidas, método que ha permitido la medida de la vida media de niveles excitados de las configuraciones, ns , np y nd . Los resultados obtenidos y su comparación con los existentes en la bibliografía se incluyen en este mismo capítulo.

En el capítulo II se presenta el método de medida de intensidades de líneas de emisión y se discuten los resultados obtenidos para las probabilidades de transición relativas y su paso a valores absolutos, los datos obtenidos se comparan con los existentes en la literatura.

En el capítulo III se determinan las fuerzas de línea y fuerzas de oscilador para las líneas más intensas de los gases nobles NeI , ArI , KrI y XeI , estas líneas corresponden a transiciones $(n+1)p \rightarrow (n+1)s$ siendo n el número cuántico principal de la capa completa exterior del correspondiente átomo en su estado fundamental. Se comparan las fuerzas de oscilador de líneas análogas en estos cuatro elementos con el fin de establecer la posible presencia de regularidades. También se estudia la existencia de regularidades en las fuerzas de oscilador del ArI con sus isoelectrónicos KII y $CaIII$. Por último se comparan los valores experimentales de las vidas medias obtenidas en este Laboratorio para los cuatro gases nobles.

En el capítulo IV se comparan los resultados experimentales de las vidas medias con los calculados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk . En esta comparación se estudia la influencia en el valor de la vida media del nivel del criterio elegido para determinar el parámetro de energía.

Se incluye, además, un Apéndice en el que se recogen los resultados obtenidos de las vidas medias y las probabilidades de transición entre niveles excitados del Ar I , habiéndose calculado las probabilidades de transición de las líneas que parten de 216 niveles.

1.0.- INTRODUCCION. METODOS DE MEDIDA DE VIDAS MEDIAS

Para átomos, moléculas e iones existen varios modos recurrentes de desexcitación espontánea. Dependiendo de la energía de excitación estos modos son:

- 1º) Desexcitación al estado fundamental o a estados excitados de energía más baja por la emisión de un fotón.
- 2º) Desexcitación por emisión de un electrón.
- 3º) Desexcitación por disociación (sólo existente en moléculas)

Si las energías de excitación están comprendidas en el margen de 1 a 20 eV sobre la del fundamental, el modo de desexcitación será preferentemente el primero, aunque en algunos casos pueden ocurrir también los otros dos modos mencionados.

Para rangos de tiempos entre 10^{-10} y 10^{-5} s (0,1 y 1000 ns) las únicas vidas medias estudiadas son las correspondientes a transiciones ópticamente permitidas, es decir, transiciones dipolares eléctricas.

El campo de la medida directa de las vidas medias de átomos y moléculas ha experimentado un considerable crecimiento desde los años 60 debido al aumento en número de técnicas experimentales posibles [1]. En esta introducción nos limitaremos a nombrar las técnicas más exactas y prometedoras que permiten estudiar la mayoría de los niveles excitados. Para el estudio de estos metaestables o de autoionización existen técnicas especiales.

Los métodos de medida de vidas medias más utilizadas son:

- (i) Método de medida de vidas medias empleando excitación modulada ya sea óptica o por impacto con partículas (electrones generalmente).
- (ii) Método de excitación de un haz iónico por impacto con una lámina, conocido por método *beam-foil*.
- (iii) Método basado en el efecto Hanle.

(i) La excitación modulada en la medida de vidas medias puede ser: a) pulsada, en cuyo caso el método será bueno si el tiempo de corte del haz excitador es mucho menor que la vida media del nivel atómico o molecular que se desea medir; además esta vida media debe ser mucho menor que el tiempo que media entre dos impulsos.

b) Excitación modulada periódicamente, en general, sinusoidalmente. La vida media se obtiene a partir de la diferencia de fase entre el haz excitador y el de fluorescencia. Los mejores resultados se obtienen para diferencias de fase del orden de 45° .

Los métodos de excitación óptica modulada son selectivos, puesto que se pueden excitar únicamente niveles resonantes. La ausencia de cascadas constituye el máximo atractivo de estos métodos. Con fuentes tradicionales de luz tales como lámparas de cátodo hueco y descargas en arco, se pueden estudiar relativamente pocas transiciones. Actualmente los láseres de colorante tienen un mayor rango de aplicación y se están imponiendo en el campo de la espectroscopía. En la región espectral del ultravioleta de vacío se realizan medidas con radiación sincrotrón, que por ser una radiación fuertemente polarizada permite trabajar en una zona donde los polarizadores son ineficaces.

Se han utilizado partículas excitadoras distintas de los

electrones sin ventaja aparente frente a la excitación por impacto con electrones. La excitación por electrones de energía controlada tiene dos ventajas frente a la excitación óptica. Por una parte, las energías de los electrones se pueden variar en un amplio rango permitiendo excitar niveles no resonantes o producir átomos altamente ionizados. Por otra parte los haces de electrones son más fáciles de modular que los fotónicos a frecuencias altas. Como desventajas señalaremos su posible falta de selectividad que induce errores sistemáticos en la medida de vidas medias, como son: población por cascada desde niveles superiores al nivel en estudio y aumento de probabilidad de observar líneas mezcladas. Este último problema se puede evitar empleando un sistema de alta resolución espectral.

Según las energías que lleven los electrones excitadores, existen métodos de impacto de electrones de baja energía, tal como el utilizado en este trabajo, donde las energías del haz no superan el centenar de electronvoltios. Posibles errores sistemáticos son las cascadas, pues se trabaja a presiones suficientemente bajas como para eliminar atrape resonante o desexcitación colisional.

Algunos investigadores [Bennett (1961) y King (1967)] han trabajado a energías iguales al umbral de excitación, con lo cual han eliminado las cascadas, pero como las secciones eficaces de excitación son pequeñas y las energías umbrales bajas la sensibilidad es muy pequeña. Hay que buscar, pues, un compromiso entre una energía de excitación baja que minimice la contribución de las cascadas, pero que sea suficiente, para obtener una relación señal ruido adecuada. Este compromiso ha estado presente a lo largo de este trabajo.

Autores como Erman (1972) [2], han aplicado energías de excitación del orden del KeV. El método parece ser muy útil cuando se quiere trabajar con átomos altamente ionizados pues se puede obtener una gran proporción de ellos por este método.

Tanto en la excitación óptica como por impacto de electrones el método de detección más usado es la técnica de coincidencias diferidas o técnica de correlación de un sólo fotón (de la que hablaremos más abajo).

(ii) Históricamente el método de beam-foil en la medida de vidas medias es el sucesor de los experimentos de Wien en los años 20 con rayos canales en los que se medía la vida media a partir de la desexcitación de la radiación emitida cuando los iones excitados en el tubo de descarga viajaban hacia el cátodo.

En el método empleado actualmente, un haz de iones de varios grados de ionización emerge de una lámina fina normalmente de carbono en diferentes estados de excitación que se desexcitan radiativamente mientras el haz continúa su recorrido desde la lámina. El decrecimiento de las intensidades para una línea particular como función de la distancia a la lámina da directamente la vida media del nivel excitado en estudio conocida la velocidad de las partículas.

Entre las dificultades de este método citaremos, la presencia de cascadas desde niveles excitados superiores, baja intensidad de luz y gran ensanchamiento Doppler. Presenta además un problema adicional previo que es la mezcla de líneas de los distintos estados de carga que dificulta el reconocimiento de las líneas en los espectros obtenidos. Tiene la ventaja de que permite estudiar estados excitados de átomos altamente ionizados. Se puede estudiar, además, muestras de gran pureza haciendo un análisis de masas del haz antes de incidir sobre la lámina. Por otra parte, debido a la corta interacción ($\leq 10^{-13}$ s) entre el haz y la lámina, los estados son coherentemente excitados, permitiendo realizar experimentos de batimientos cuánticos.

(iii) Efecto Hanle

Esta técnica es también una resurrección de los años 20, en las que Hanle interpretó el efecto que se conocía como radia

ción resonante de despolarización magnética. Aunque también se le llama cruzamiento de niveles a campo cero por ser un caso especial de cruzamiento de niveles [3]. La vida media se obtiene a partir de la medida de la intensidad emitida en presencia de campos magnéticos muy pequeños. Tiene la ventaja de ausencia de cascadas. La anchura de *línea* depende únicamente de la vida media y no del ensanchamiento Doppler. Hemos de señalar que no precisa de un dispositivo de medida de tiempos cortos. Tiene la desventaja de que sólo se pueden medir las vidas medias de niveles excitados ópticamente desde el fundamental o como máximo desde estados metaestables. Una de sus principales dificultades son la autoabsorción en la fuente de resonancia original y el estrechamiento de la *línea* producido por atrape coherente de la radiación.

Para medir la rápida disminución de la intensidad luminosa se pueden emplear varios métodos. Por una parte están las técnicas clásica de muestreo y por otra las técnicas en las que se observan una coincidencia retardada en el tiempo entre dos sucesos específicos y consecutivos relacionados con un átomo o moléculas. Los métodos principales son:

a) Las coincidencias fotón-fotón, en las que se miden dos fotones de desexcitación producidos en cascada y que constituyen las señales de comienzo y parada de un dispositivo de medida de tiempos. Este método se usa mucho en fisica nuclear. En la medida de vidas medias de niveles atómicos tiene la ventaja de estar libre de efectos de cascadas desde otros niveles. Además puede aumentar fácilmente la intensidad de la fuente que emite la radiación sin más que aumentar la presión del gas. Su dificultad reside en que se necesita disponer de una buena geometría con objeto de que el número de coincidencias verdaderas frente a las accidentales sea el adecuado; además, los dos fotones emitidos han de tener sus energías en el rango de eficacia de los detectores. En general, son medidas que llevan mucho tiempo y en las que la precisión estadística es baja.

b) Coincidencia electrón-fotón. En este caso se observan las coincidencias entre las partículas dispersadas inelásticamente que excitan los átomos y los fotones que se producen al desexcitarse. Este método tiene las mis

mas ventajas del anterior, pudiendo ser aplicable en más casos debido a que únicamente los fotones de la desexcitación del nivel tienen que estar en el rango de sensibilidad del fotomultiplicador y además las medidas son más rápidas.

c) Coincidencias retardadas o correlación de un sólo fotón. En esta técnica a la entrada de comienzo de un convertidor de tiempo en amplitud de impulso llegan impulsos exactamente sincronizados con los impulsos de excitación. La señal procedente de un fotomultiplicador que detecta fotón a fotón alimenta la señal de parada del convertidor.

Hemos de señalar que únicamente la primera señal producida por el fotomultiplicador y que llega a la entrada de parada por ciclo de excitación es registrada. Además no se obtiene una representación exacta de la variación de intensidad en la desexcitación a menos que sea despreciable la probabilidad de detectar más de un suceso en cada ciclo excitador. Para que esto se cumpla se ha encontrado que el ritmo de conteo en la entrada de parada debe ser al menos dos órdenes de magnitud menor que en la entrada de comienzo. Esto impone una importante restricción a la velocidad con que las curvas de desexcitación se pueden medir.

La excitación por impacto con electrones de baja energía y la detección en coincidencia retardadas de un sólo fotón constituyen la técnica utilizada a lo largo de este trabajo para la medida de vidas medias.

1.1.- METODO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA LA MEDIDA DE VIDAS MEDIAS

1.1.1.- Método experimental

La excitación de átomos de ArI se consigue con un haz pulsado de electrones de baja energía y como método de medida de tiempos se ha empleado el de coincidencias retardadas.

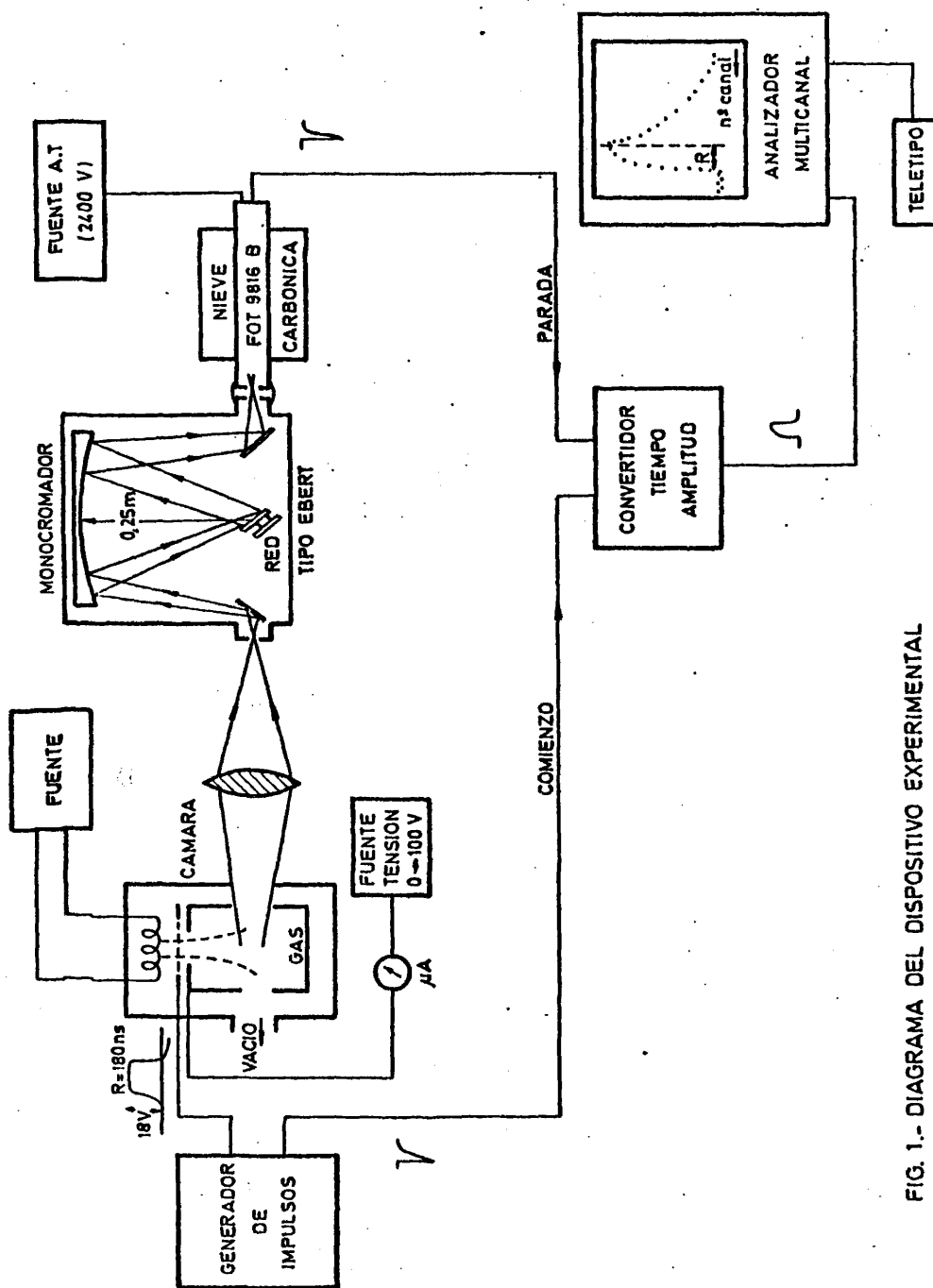


FIG. 1.- DIAGRAMA DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental (Fig. 1) es semejante al de otras experiencias realizadas en este laboratorio de Física Atómica [4][5]. La excitación de los átomos de Argon neutro se realiza en una cámara metálica en donde el gas se mantiene a la presión elegida en régimen dinámico. El haz de electrones, producido por un filamento incandescente de tungsteno, es modulado aplicando impulsos positivos al electrodo de control o reja. La energía de los electrones en la zona de impacto viene dado por el potencial del ánodo. Una lente enfoca la luz que sale de la cámara de excitación sobre la rendija de entrada de un monocromador que selecciona la longitud de onda de interés y un fotomultiplicador responde con impulsos de tensión negativa a la detección de fotones individuales.

Un impulso sincronizado con el haz de electrones ataca la entrada de comienzo del convertidor tiempo-amplitud. La salida del fotomultiplicador se lleva a la entrada de parada. A la salida del convertidor tendremos un impulso de amplitud proporcional a la diferencia de tiempo entre la llegada de un impulso a la entrada de comienzo y el primer fotón detectado (equivalente a su llegada a la entrada de parada). Este impulso se almacena en un analizador multicanal de amplitudes. Por iteración de este proceso obtendremos en el analizador la evolución temporal de la intensidad luminosa cuya forma será, en el caso más sencillo la de una curva exponencial, su análisis nos da directamente la vida media del nivel en estudio.

Como ya se dijo en la introducción, la excitación con electrones de baja energía no es monoenergética como la de un haz laser, pudiendo excitarse simultáneamente niveles próximos al nivel en estudio, en cuyo caso, la curva de desexcitación se ve afectada por la contribución de niveles superiores, que también se desexcitan poblando al de interés y alargando aparentemente el tiempo de desexcitación. En casos especiales esta desventaja se puede aprovechar para conocer la vida media de los niveles que más probablemente pueden poblar el nivel en estudio.

Este método tiene además la ventaja de que pequeñas fluctuaciones en la presión del gas o en la intensidad de la corriente debida a los electrones de excitación no influyen en el valor medio de la vida media obtenido, no dependiendo tampoco este valor de la amplitud del impulso que dé el fotomultiplicador.

I.1.2.- *Dispositivo experimental*

A continuación se hace una breve descripción de la instrumentación utilizada.

a) Cámara de excitación

La excitación del gas por colisión electrónica se realiza en una cámara metálica, en la cual se ha hecho un vacío previo mediante una rotatoria hasta 50×10^{-3} torr y una difusora que permite bajar la presión hasta 10^{-6} torr.

Alcanzado este vacío se enciende la fuente que alimenta un filamento de tungsteno o wolframio (16 vueltas) que suministra por efecto termoiónico el haz de electrones que va a producir la excitación del gas. La elección de este material es debida a su fácil reposición, pero tiene el inconveniente de que produce luz de fondo, que se elimina en parte dando al ánodo una forma adecuada, y tiene la ventaja de que se contamina fácilmente produciendo óxido de tungsteno de color amarillo. Sirve por tanto de detector de la presencia de aire en la cámara.

Muy próximo al cátodo se encuentra la reja que actúa de electrodo de control de la salida de electrones. Se puede polarizar positiva o negativamente. En el primer caso obtendremos una medida de intensidades de desexcitación y en el segundo aplicando tensiones de entre -15 a -20 V logramos anular la corriente de electrones que lleva al ánodo, evitando así la excitación del gas. Si en estas condiciones se aplica un impulso a la reja procedente

de un generador, mientras dura el impulso los electrones podrán llegar a la región de excitación.

El ánodo, donde se produce la excitación, es un cilindro metálico hueco con dos orificios opuestos. Por uno de los orificios se efectúa la observación de la luz producida en las desexcitaciones radiativas. Se elimina parte de la luz de fondo producida por el filamento por la presencia del doble orificio enfrendado. El ánodo se encuentra polarizado positivamente con una tensión variable entre 0 y 100 V. Una vez estabilizada la corriente de electrones que llega al ánodo (para tensión de rejilla positiva) y que nunca ha superado a lo largo de este trabajo a 0,8 mA, se introduce el gas en estudio mediante una válvula de dosificación de aguja. Se reduce la capacidad de aspiración del sistema de vacío mediante una válvula de esfera NW10 y se ajusta todo para que en la región de excitación tengamos la presión deseada, que es medida por los manómetros Pening AV-64-14 y Pirani AV-64-01.

b) Sistema Optico

Está formado por una lente convergente de cuarzo que enfoca la luz sobre la rendija de entrada de un monocromador Jarrell-Ash 82-410 de 0,25 m y disposición óptica tipo Ebert (ver Fig. 1) que selecciona la longitud de onda adecuada.

Los dos espejos planos de entrada y salida están a 45° lo que hace que la intensidad a la salida sea independiente de la polarización de la luz incidente.

El monocromador dispone de dos redes de difracción por reflexión, intercambiables, una de ellas de 1180 trazos/mm proporciona una dispersión lineal de 33 \AA/mm y se extiende hasta 9000 \AA (High blaze). La otra, es una red para la región ultravioleta (máxima respuesta espectral para longitudes de onda bajas: Low blaze) que se extiende hasta 4500 \AA , tiene 2360 trazos/mm y proporciona una dispersión lineal de $16,5 \text{ \AA/mm}$. Con

rendija de entrada de 150 micras, el monocromador en la posición *High Blaze* tiene una resolución de 6 \AA y en *Low Blaze* de 3 \AA . Con esta última red se han utilizado también rendijas de 50 micras lográndose una resolución de $\approx 1.5 \text{ \AA}$.

La luz procedente de este monocromador se lleva a un fotomultiplicador EMI 9816B de respuesta espectral S-20. Se alimenta con 2400 V y debido al alto nivel de ruido que presenta a la temperatura ambiente debe ser enfriado. Esto se ha hecho en este trabajo con nieve carbónica.

El esquema de la alimentación de sus 14 diodos puede verse en las Ref. [4] y [6].

c) Instrumentación electrónica

La instrumentación electrónica está formada por un generador de impulsos para la conmutación del haz de excitación y por el sistema de medida de tiempos, cuya descripción detallada y esquemas aparecen en la ref. [7].

El generador de impulsos puede trabajar a 20 Kc/s y 50 Kc/s (equivale a un espaciado entre impulsos de $2 \times 10^6 \text{ ns}$). Tiene dos salidas, una proporciona un impulso negativo de referencia que marca el origen de tiempos y se lleva a la entrada de comienzo del convertidor tiempo-amplitud y la otra salida proporciona un impulso cuadrado positivo de 18 V de amplitud y 180 ns de anchura que pulsa el haz.

El convertidor tiempo-amplitud es la parte fundamental del sistema de medida de tiempos. A su salida se obtiene un impulso de amplitud A proporcional al tiempo que media entre la llegada de un impulso a la entrada de comienzo y el primer fotón detectado. Para ello el convertidor transforma cada señal que le llega en un impulso cuadrado de anchura T . Si el tiempo de solapamiento es τ . El valor de la amplitud es $A = C\tau$ donde C es una constante del aparato.

Si la diferencia en tiempos de llegada de impulsos a las entradas del convertidor es t . Resulta

$$\tau = T - t$$

luego

$$A = C(T - t)$$

por tanto

$$\text{para } t = 0 \quad A \text{ máxima} \quad (I.1)$$

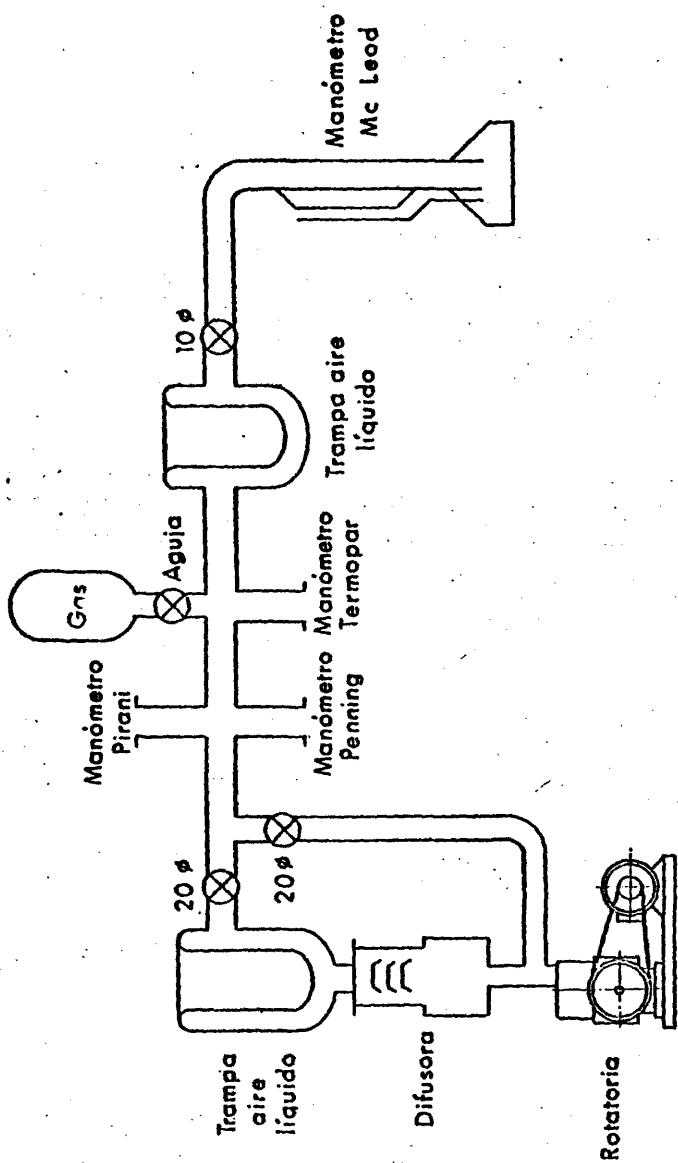
$$\text{para } t = T \quad A = 0$$

En este trabajo se ha utilizado el convertidor en dos rangos de tiempo distintos de 900 y 3500 ns .

Electrónicamente, el convertidor consta de dos partes: un generador de rampa lineal y de una puerta lineal gobernada por un circuito de permiso. Una descripción más detallada, así como los esquemas aparece en ref.[7].

Los impulsos proporcionados por el convertidor son clasificados según su amplitud por un analizador multicanal Hewlett-Packard 5401B con 1024 canales de memoria. Para la obtención de las curvas experimentales se han utilizado únicamente 512 canales.

El analizador ordena los impulsos según su amplitud en grupos o intervalos de amplitud llamados canales. Según la relación (I.1), el sentido creciente en canales corresponde a decreciente en tiempos. Sin embargo, en las representaciones gráficas que se presentan en este trabajo se ha invertido el orden de los canales, para que en la figura el tiempo crezca de izquierda a derecha. El número total de impulsos correspondientes a cada interva



SISTEMA DE VACIO PARA CALIBRADO DE MANOMETROS

Fig. 2

lo, recibido durante la medida, se almacena en la memoria, de es te modo, se obtiene la distribución de amplitudes y por consiguiente la distribución temporal de intensidades.

El contenido de la memoria se extrae mediante un teletipo que ya sea en papel o en cinta perforada nos da el número de impulsos almacenados en cada canal, permitiendo un posterior tratamiento de las mismas.

1.1.3.- *Puesta a punto del sistema de medida*

a) Calibración de los manómetros.

b) Medidas previas con el sistema de medida de tiempos:

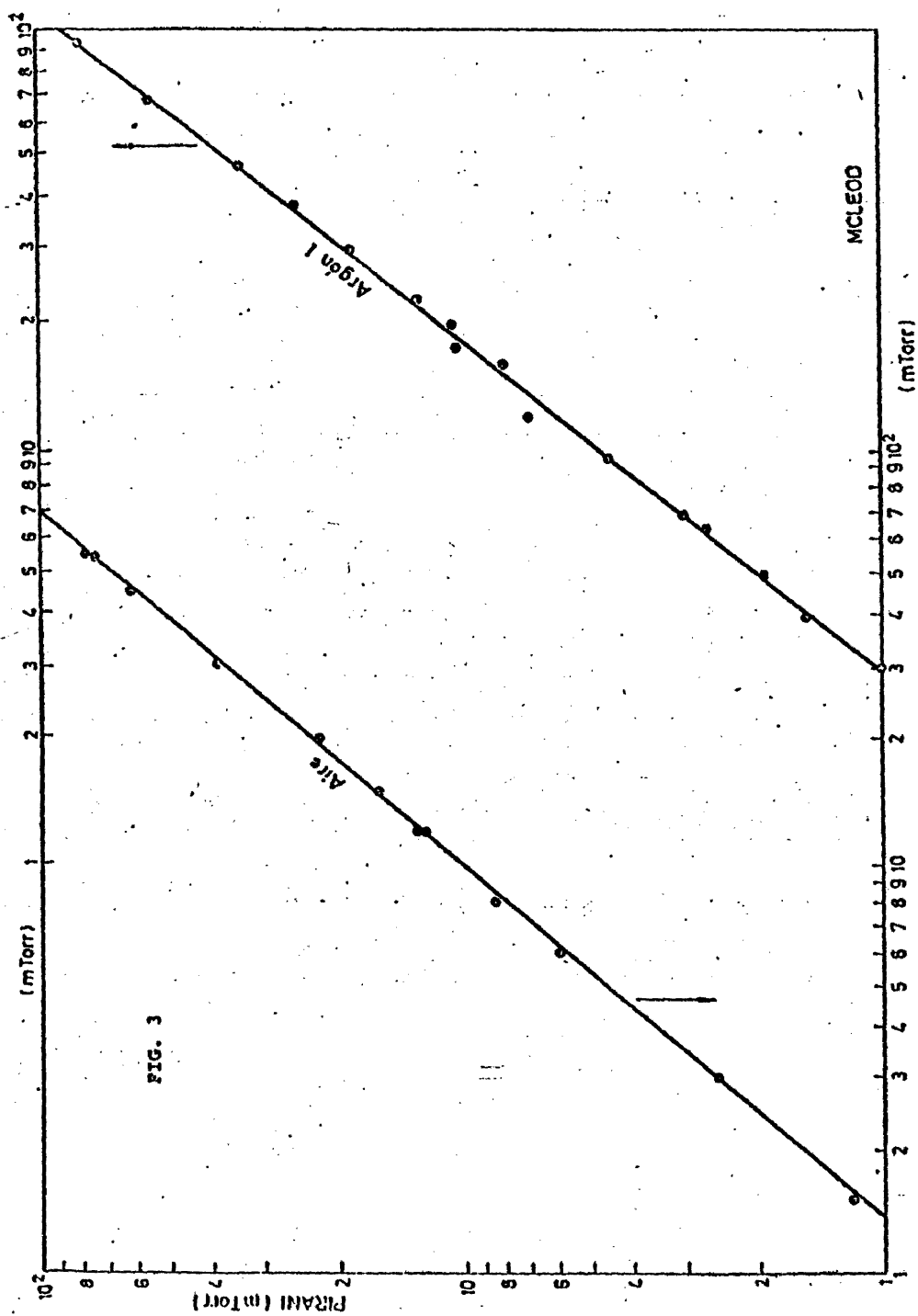
- Resolución en tiempos, linealidad del sistema, ritmo de conteo.

- Calibración del sistema.

a) Calibración de los manómetros

El conocimiento de la medida exacta de la presión existente en la cámara de excitación, tiene importancia sobre todo en el es tudio de los niveles resonantes.

La calibración de los manómetros se ha realizado gracias a la existencia de un montaje experimental puesto a punto por la doctora M. Shaw [8] y esquematizado en la Fig. 2. El manómetro ti po McLeod es el más comunmente usado en los equipos de calibrado porque la medida de la presión está relacionada con la diferencia de alturas de mercurio en los capilares y por tanto con una medida absoluta de la presión, independiente de la naturaleza del gas. En la Fig. 3 aparecen las curvas de calibración del manómetro Pirani frente al Mc.Leod para Aire y Ar.



El Pirani se ha calibrado en un rango de presiones de 1 a 100 mtorr . Utilizando la zona de 1 a 6 mtorr del Pirani para calibrar el Pening y relacionar las escalas de ambos aparatos.

b) Ajustes previos con el sistema de medida de tiempos

(i) Resolución, linealidad y ritmo de recuento

Existen tres factores que limitan fundamentalmente la resolución en la medida de tiempos del sistema utilizado:

- dispersión en tiempo de tránsito del fotomultiplicador;
- el tiempo de conmutación del haz de excitación;
- el tiempo de recorrido de los electrones de dicho haz a través de la zona de observación.

El primer factor es debido a que el tiempo de tránsito de los electrones aumenta cuando éstos inciden sobre zonas alejadas del fotocátodo. Este efecto se elimina reduciendo la zona de observación a un área central de 1 cm de diámetro que coincide con la longitud de la rendija de salida del monocromador.

La interrupción rápida del haz de excitación es un factor limitativo importante. En nuestro caso el tiempo de caída del impulso es menor de 4 ns .

Para minimizar el tiempo de recorrido de los electrones en la zona útil de observación se puede disminuir dicha zona con el inconveniente de la pérdida de eficacia del sistema en la detección. Teniendo en cuenta el compromiso de estos dos factores se obtuvo en nuestro sistema una dispersión de 2 ns aproximadamente.

De lo anterior y de las medidas realizadas puede deducirse

que la resolución global del sistema es de unos 4 ns . Por tanto en las curvas de desexcitación, los canales correspondientes a los 4 ns inmediatamente después de cesar la excitación, no se deben tener en cuenta. Sin embargo, el resto de los canales apenas se ven afectados por esta deformación pudiéndose medir así vidas medias del orden de dicha resolución o incluso inferiores (ver ref. 9) según la intensidad de la línea.

La *linealidad del sistema* depende del conjunto convertidor tiempo-amplitud más analizador multicanal. Como ya hemos dicho los impulsos procedentes del convertidor tiempo-amplitud son almacenados según su amplitud en los diferentes canales del analizador. Así, en el canal n almacena los impulsos producidos por diferencias de tiempos entre t_n y $t_n + \Delta t_n$.

Para la medida de tiempos, es necesario que exista proporcionalidad (relación lineal en general) entre el número de orden del canal y el intervalo de tiempo que le corresponde. La aproximación del sistema a esta condición ideal viene dada por su *LINEALIDAD INTEGRAL*. Al mismo tiempo, sería deseable que todos los intervalos de tiempo o anchuras de canal fueran iguales, la aproximación del sistema a esta condición viene dada por la *LINEALIDAD DIFERENCIAL*.

La linealidad diferencial del sistema experimental empleado en este trabajo se ha medido llevando a las entradas del convertidor impulsos no correlacionados, tales como la señal de referencia del generador y los impulsos procedentes del ruido del fotomultiplicador. Si todos los canales tienen igual anchura se obtiene una distribución plana. Esta medida es importante ya que permite conocer cualquier irregularidad local en la anchura de los canales, así como obtener la linealidad integral, sin más que integrar la distribución obtenida para la linealidad diferencial. A lo largo de este trabajo se han realizado chequeos de las linealidades cada cierto tiempo con el fin de detectar cualquier irregu-

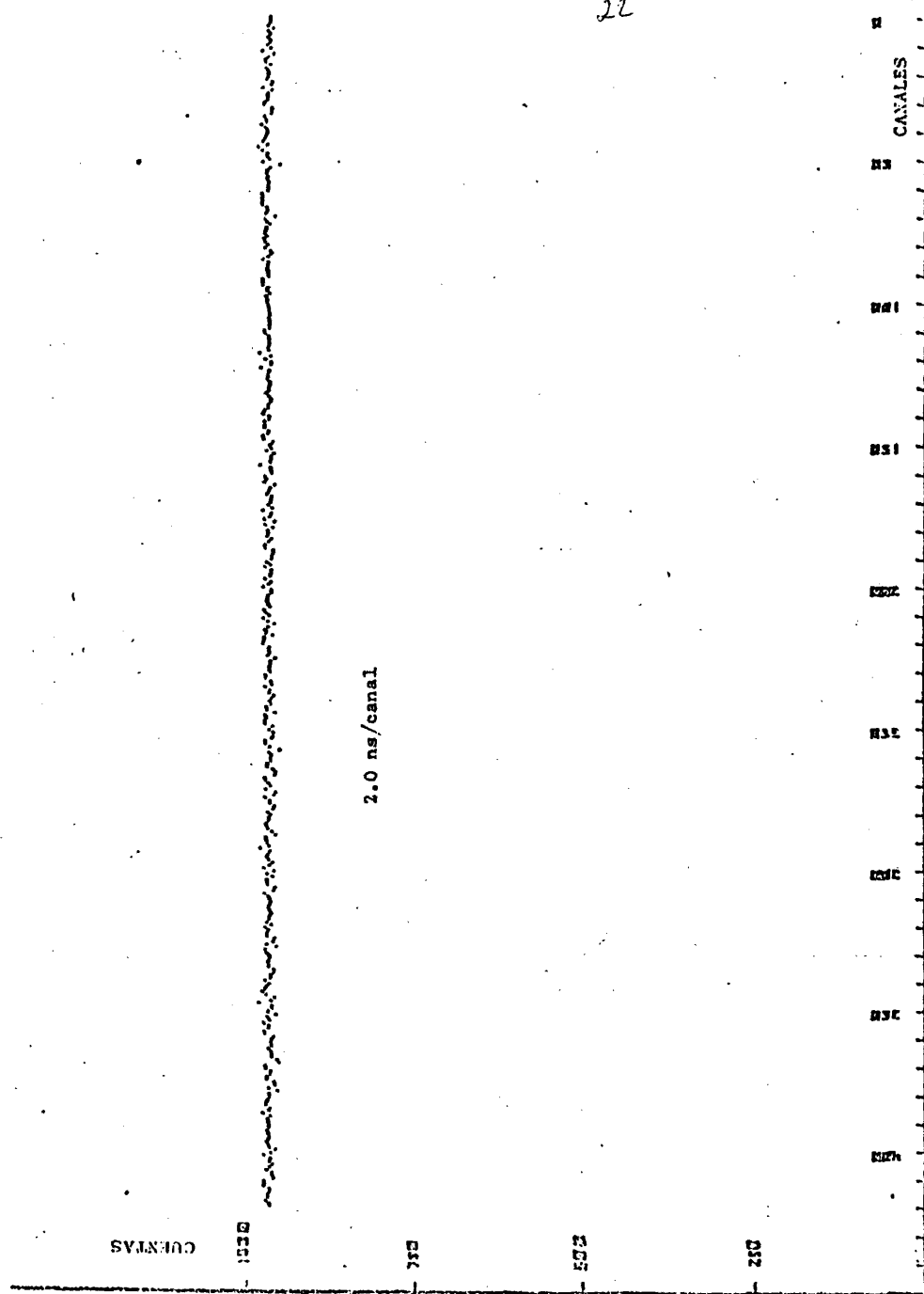


FIG.- 4 LINEALIDAD DIFERENCIAL

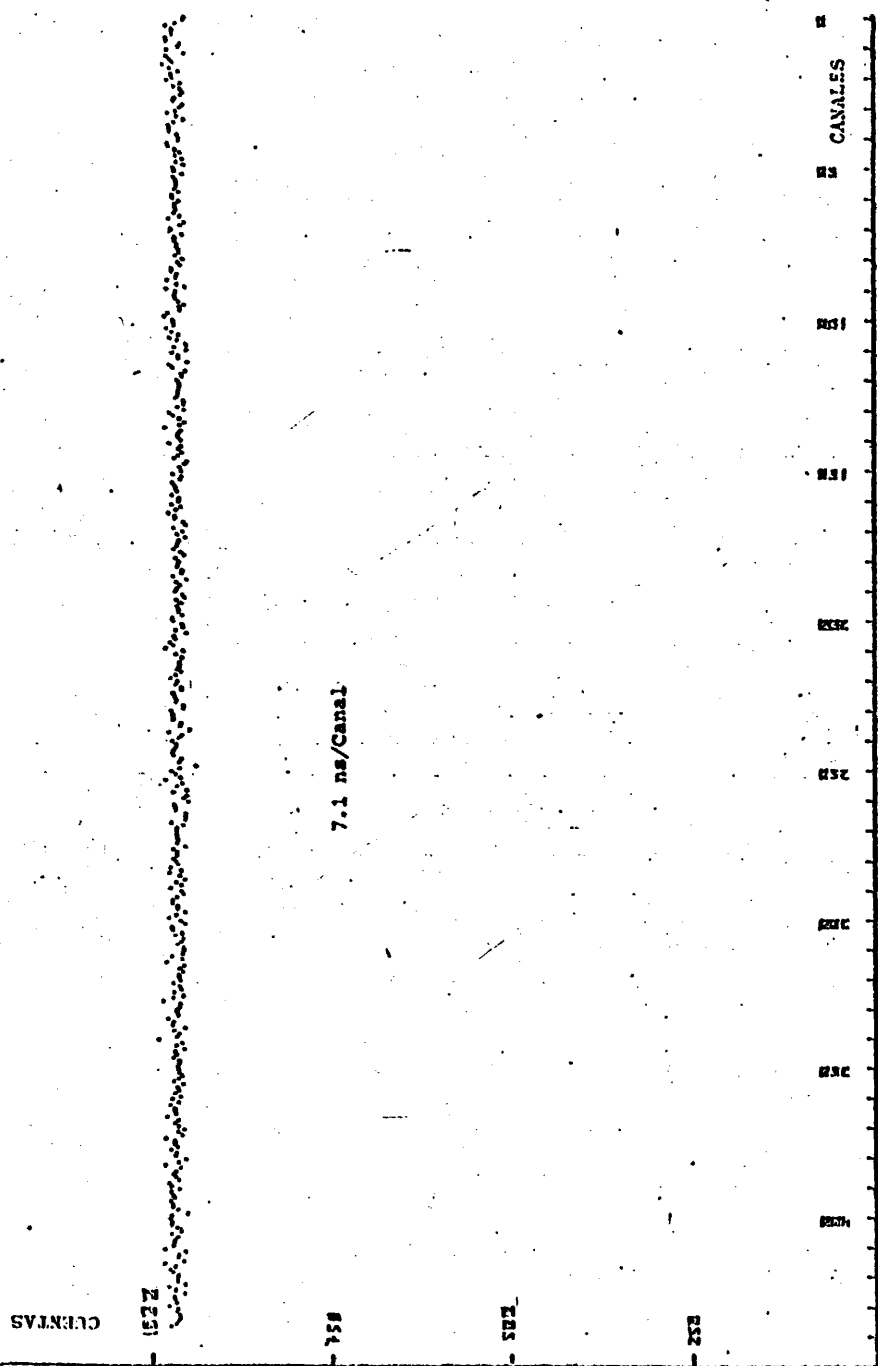


FIG.-5 LINEALIDAD DIFERENCIAL

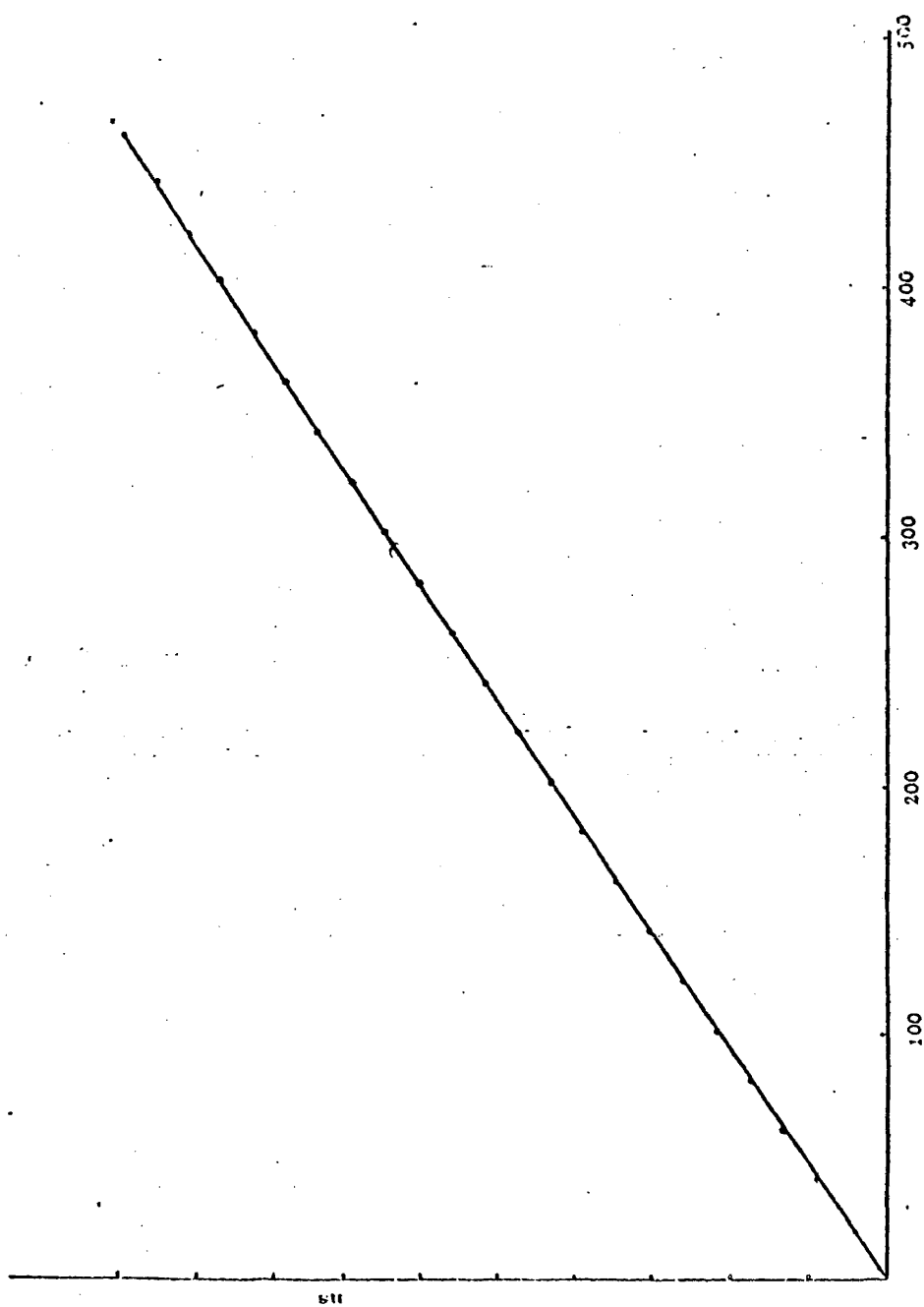


FIG.- 6 LINEALIDAD INTEGRAL

laridad que se pudiera producir. En las Figs. 4, 5 y 6 se muestran ambas linealidades para el convertidor en los dos rangos de tiempos. La linealidad integral es de 0.5% para un rango de 900 ns y de 0.9% para el de 3500 ns.

Finalmente, debido al ritmo de llegada de impulsos al analizador multicanal tendremos un error relativo en la determinación de la vida media dado por:

$$\epsilon_r = 0.63 \bar{N}$$

Expresión deducida en ref. 9 y donde \bar{N} es el número medio de fotones detectado por cada disparo del haz excitado. En este trabajo el ritmo de conteo ha sido de 10^2 im/sg. El número de disparos del haz de 5×10^4 imp/sg ($N = 2 \times 10^{-3}$) o de 2×10^4 imp/sg ($N = 5 \times 10^{-3}$). Los errores son de 0.12% y de 0.31% según las frecuencias del generador de impulsos fueran 50 Kc/s ó 20 Kc/s respectivamente.

(ii) Calibración del sistema

Para calibrar el sistema en tiempos, se utilizó un generador de impulsos dobles sincrónicos, es una de cuyas salidas se introduce un retardo variable. Las dos señales, una de ellas retardada, se llevan a las dos entradas del convertidor, almacenándose la señal de salida en un determinado canal del analizador. De este modo se hace corresponder a una amplitud un intervalo de tiempo. La calibración se efectúa repitiendo la operación para diferentes retardos con lo que las señales de salida del convertidor, según el retardo introducido se almacenan en distintos canales del analizador multicanal. En la Fig. 7 aparece un diagrama en bloque del método de calibración.

Para que este método sea preciso es necesario tratar de calibrar el sistema en condiciones lo más semejantes posibles a aquellas en que se realice la medida. La diferencia del retardo insertada a la entrada del convertidor, ha sido 277 ± 1 ns. Se efec-

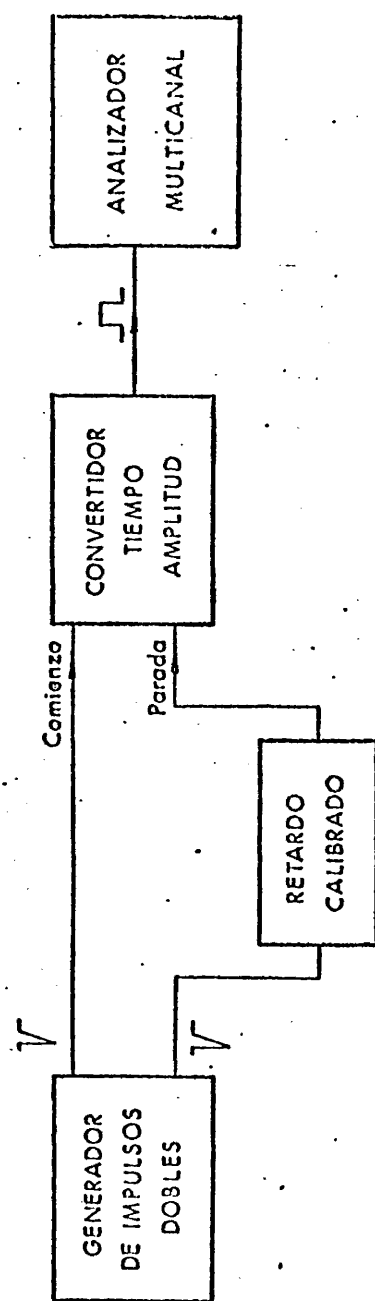


FIG. 7.- Diagrama bloque del método de calibración.

tuaron sucesivas calibraciones para todas las medidas realizadas, siendo valores típicos 2.0 ns/canal y 7.1 ns/canal para los convertidores de 900 ns y 3500 ns respectivamente.

I.1.4.- Efectos de las condiciones de medida

Las curvas de desexcitación experimental que se obtienen con nuestro sistema nos dan la variación de la intensidad luminosa, para una cierta transición entre los niveles $i \rightarrow j$, desde que comenzó la excitación del gas (instante $t = 0$). Si consideramos que sólo contribuye la desexcitación espontánea del nivel i tendremos

$$I_{ij}(t) = N_i(t) A_{ij} \quad (I.2)$$

donde A_{ij} es la probabilidad de transición espontánea por unidad de tiempo entre estos niveles y $N_i(t)$ es el número de átomos que en el instante t tienen un electrón en el nivel excitado i . La variación de la población del nivel i con el tiempo viene dada por

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = -N_i(t) \sum_j A_{ij} \quad (I.3)$$

Suponiendo que ningún nivel superior al i ha sido excitado e ignorando la desexcitación por colisiones entre átomos. La solución de la ec. diferencial (I.3) es

$$N_i(t) = N_i(0) e^{-(t/\tau_i)} \quad (I.4)$$

donde hemos definido τ_i , vida media del nivel i , como el tiempo en que $N_i(t)$ se reduce en $1/e$ de su valor inicial, luego

$$\tau_i = \left(\sum_j A_{ij} \right)^{-1} \quad (I.5)$$

las sumatorias de (I.3) y (I.5) se extienden a todos los niveles

j finales, accesibles por cualquier modo de desexcitación (dipolar eléctrico, magnético, ...).

Un factor que puede reducir el valor de uno de los términos de la ec. (1.5) y aumentar el valor aparente de la vida media es el llamado ATRAPE RADIATIVO. Ocurre cuando la presión en la cámara del gas es suficientemente alta para que el fotón emitido por un átomo excitado tenga probabilidad apreciable de ser absorbido y re-emitido por otro átomo del gas antes de llegar al detector. Este fenómeno será más probable cuando el nivel superior este conectado con el fundamental (por su alta densidad de población) o, en menor grado, con niveles metaestables.

En el rango de presiones utilizado en este trabajo (inferiores a 80 mtorr) no se ha detectado variación de la vida media con la presión excepto para niveles resonantes, es decir, aquellos conectados radiativamente con el fundamental (atrape resonante).

El proceso de desexcitación colisional es despreciable en nuestro rango de presiones (se manifiesta para presiones del orden de 500 mtorr).

La no-monocromaticidad del haz excitador puede producir dos errores sistemáticos en la medida de vidas medias que hemos de considerar. Por no ser monoenergético poblará simultáneamente niveles próximos al nivel en estudio. Como consecuencia de ello tendremos: mezcla de líneas próximas. Para disminuir este efecto contamos con la resolución espectral del monocromador. En los casos en que éste no resuelva, será necesario hacer un estudio especial para cada caso, tal como se discutirá más adelante.

Por otra parte, la influencia de las cascadas procedentes de niveles superiores, alejarán la curva experimental de su forma exponencial. La contribución de este factor en nuestras medidas ha sido relevante para los niveles menos excitados.

Para el caso de una sola cascada desde el nivel 2 al nivel 1 en estudio.

La variación de la población de los dos niveles cuando cesa la excitación es

$$\frac{dN_1}{dt} = A_{21} N_2 - A_1 N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_2 N_2$$

donde

$$A_1 = 1/\tau_1$$

$$A_2 = 1/\tau_2$$

La solución de estas ecuaciones diferenciales (desarrollada con todo detalle en ref. 9), es

$$N_1(t) = \left(N_1(0) - \frac{A_{21}N_2(0)}{A_1 - A_2} \right) e^{-A_1 t} + \frac{A_{21}N_2(0)}{A_1 - A_2} e^{-A_2 t}$$

$$N_2(t) = N_2(0) e^{-A_2 t}$$

La desexcitación del nivel 1 viene dada como suma de dos exponenciales una correspondiente a la vida media del nivel de interés y otra a la vida media del nivel superior que puebla por cascada. Observamos que esta suma se convierte en diferencia si $A_2 < A_1$ como se ve en el análisis de las curvas de desexcitación de algunos niveles 5p .

La contribución de estas cascadas se puede reducir bajando la energía de los electrones hasta valores próximos al umbral de excitación del nivel que sean compatibles con una relación señal ruido adecuada.

Los errores que introducen la presencia de estas cascadas

son más importantes en los casos en que ambos niveles tienen vidas medias próximas. En todos los niveles estudiados en este trabajo, los valores de las vidas medias han sido lo suficientemente diferentes para que el análisis de las curvas experimentales no haya sido difícil. Además la contribución de los niveles que pueblan por cascada los niveles $4p$ ha permitido obtener información sobre la vida media de los niveles $3d$. Niveles que por otra parte se desexcitan radiativamente con longitudes de onda fuera del rango espectral de detección del sistema.

I.2.- SELECCION, CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE LAS TRANSICIONES A ESTUDIAR

I.2.1.- Configuración electrónica, nomenclatura, niveles de energía

El químico Sir William Ramsay, basándose en las experiencias sin fruto de Cavendish en 1785, intentó en 1894 combinar el nitrógeno del aire con oxígeno. Halló que al final se liberaban unas burbujas de un gas que no podía combinarse con el oxígeno. Calentó estas burbujas finales de gas y estudió las líneas luminosas de su espectro. Las líneas más intensas encontraban en posiciones que coincidían con las de un elemento desconocido. Se trataba pues de un nuevo gas, más denso que el nitrógeno, químicamente inerte, que se denominó ARGON, palabra griega que significa inerte [10] y [11].

El argon neutro es un gas monoatómico, cuyo átomo en su estado fundamental presenta, al igual que el resto de los gases nobles, todas las capas electrónicas cerradas. Su configuración electrónica es $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$ y el estado fundamental viene descrito en notación LS por 1S_0 .

Las transiciones estudiadas en este trabajo provienen del tránsito de un solo electrón de unos niveles a otros. Las configura

ciones excitadas tienen, pues, la forma $3p^5nl$, siendo n y l los números cuánticos principal y momento angular orbital del electrón óptico.

Cuando n toma valores altos, los niveles de energía ocupan posiciones similares a las de un átomo hidrogenoide. Cuando n disminuye el electrón penetra en la parte interna y los niveles de energía son más bajos que los del hidrogenoide correspondiente. Para un valor de n la penetración del electrón óptico aumenta al disminuir l .

En ausencia del electrón nl (Ar II) los restantes $3p^5$ electrones dan lugar a dos términos $^2P_{1/2}$ y $^2P_{3/2}$, en notación LS, que distan en energías 1431.4 cm^{-1} (0.1774 eV) según las tablas de las referencias [12] y [13]. Esto hace que el electrón óptico al combinarse con cada uno de estos términos de lugar a niveles que mantienen en la mayoría de las configuraciones esta separación.

En los gases nobles en general, se observa que los 5 electrones de la última capa p (en nuestro caso $n = 3$) presentan entre sí una fuerte interacción spin-órbita; de donde se deduce que la notación LS es la más adecuada para describir estos electrones tan próximamente interactuantes, que forman un núcleo, llamado *core*. Con este *core* interacciona el momento angular orbital l del electrón óptico y con el momento angular resultante k interacciona el spin del electrón óptico.

Este tipo de acoplamiento, que, en cierto modo, podemos considerar como intermedio entre LS y jj, se denomina jk, en él k y el momento angular total son constantes de movimiento.

El esquema de este acoplamiento será:

$$\left| (l_1, s_1) J_c, l \right| k, s \left| J \right.$$

donde l_1 y s_1 momentos angulares orbital y de spin del *core*

jK	LS	np^3D_3	np^3D_2	np^1D_2	np^3P_2	np^3D_1	np^3P_1	np^1P_1	np^3S_1	np^3P_0	np^1S_0
$np(5/2)_3$		1									
$np(5/2)_2$			$-\sqrt{2/5}$	$\sqrt{3/5}$	-						
$np(3/2)_2$			$\sqrt{1/10}$	$\sqrt{1/15}$	$\sqrt{5/6}$						
$np'(3/2)_2$			$\sqrt{1/2}$	$\sqrt{1/3}$	$-\sqrt{1/6}$						
$np(3/2)_1$						$-\sqrt{1/6}$	$-\sqrt{10/6}$	$\sqrt{5/3}$	-		
$np(1/2)_1$						-	$\sqrt{2/3}$	$1/3$	$\sqrt{2/3}$		
$np'(3/2)_1$						$-\sqrt{5/6}$	$\sqrt{2/6}$	$-1/3$	-		
$np'(1/2)_1$						-	$2/3$	$\sqrt{2/3}$	$-\sqrt{1/3}$		
$np(1/2)_0$										$-\sqrt{1/3}$	$\sqrt{2/3}$
$np'(1/2)_0$										$\sqrt{2/3}$	$\sqrt{1/3}$

FIG. 8. Coeficientes de cambio de base jk a LS para niveles $3p^5np$.

y l y s del electrón óptico.

Esta notación debida a Racah, es una buena representación para los niveles de las configuraciones más excitadas ya que la separación entre el *core* y el electrón óptico es más patente.

La notación de un nivel en este acoplamiento jk será $nl|k|_j$. Si el término padre es $P_{1/2}$ se pone una *prima* a la l .

El paso del acoplamiento jk a LS y jj viene dado por unas ecuaciones de cambio de base que dependen de los símbolos σ_j , como puede verse en la ref. 14.

Como ejemplo se muestran los niveles $3p^5np$ en notaciones jk y LS y los coeficientes que nos permiten pasar de unas funciones de onda a otras (Fig. 8). Estos coeficientes se agrupan en submatrices pues se debe conservar J total.

El acoplamiento jk no es el más adecuado para describir todos los niveles del Ar I. Ver en Fig. 9a y 9b la aparición de los niveles del Ar I según sus energías en cm^{-1} . Observar como en algunos casos, niveles de iguales k , J_c y distinto J total no están próximos como sería de esperar según este acoplamiento. En estudios teóricos realizados (ref. 15 y 16) las integrales radiales de Slater y las constantes de acoplamiento spin-órbita se han hallado ajustando los valores teóricos a los experimentales. Comparando los valores obtenidos se encuentra que no cumplen las condiciones de ningún acoplamiento puro.

1.2.2.- Obtención del espectro del Ar I excitado por impacto con electrones

El hecho de utilizar el mismo dispositivo instrumental, para la obtención del espectro óptico que en la medida de vidas

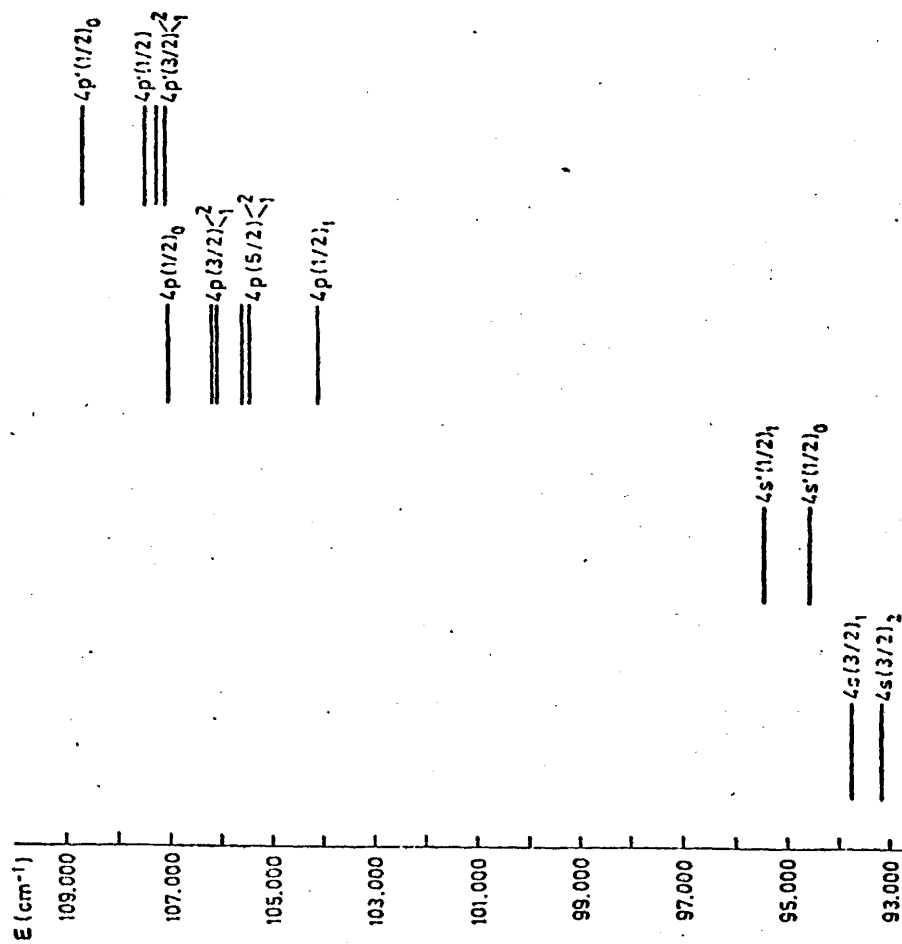


FIG. 9a.-DIAGRAMA DE GROTIAN (1) DEL Ar I

medias permite conocer, en las condiciones de medida, las intensidades de las líneas, la relación señal-ruido y la posible presencia de impurezas en el gas.

Para la obtención del espectro, se produce una excitación continua del gas, que se consigue como ya dijimos, polarizando positivamente la reja. El potencial de excitación ha de ser inferior a 16 eV para evitar la ionización del gas. Con mayores energías aparecen líneas del Ar II. Los fotones individuales detectados por el fotomultiplicador se llevan a un dispositivo de recuento (frecuencímetro de impulsos y registrador gráfico) que permite obtener el espectro del gas.

En las figs. 10a y 10b aparecen dos ejemplos de los espectros obtenidos con este sistema y en las condiciones especificadas en las mismas.

Para la identificación de las líneas se han utilizado las tablas de A.R.Striganov y N.S.Sventitskii (Ref. [17]). También se han empleado las tablas más modernas de G.Nordlén [18] que ha realizado medidas interferométricas de 233 líneas del Ar I en la zona de 3400 a 9800 Å. Estas tablas han sido de gran utilidad en los casos en que existía discrepancia entre las longitudes de onda calculadas y las obtenidas por la Ref. 17. Estas discrepancias una vez aclaradas se han atribuido a fallos en la transcripción mecanográfica de la Tabla.

I.3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA MEDIDA DE LAS VIDAS MEDIAS.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la medida de la vida media de 50 niveles del Ar I. Los niveles elegidos pertenecen a las configuraciones $3p^5ns$ ($n = 6, 7, 8, 9$) $3p^5np$ ($n = 4, 5, 6$) y $3p^5nd$ ($n = 4, 5, 6$). Se han medido, a través de 67 transiciones con longitudes de onda comprendidas entre

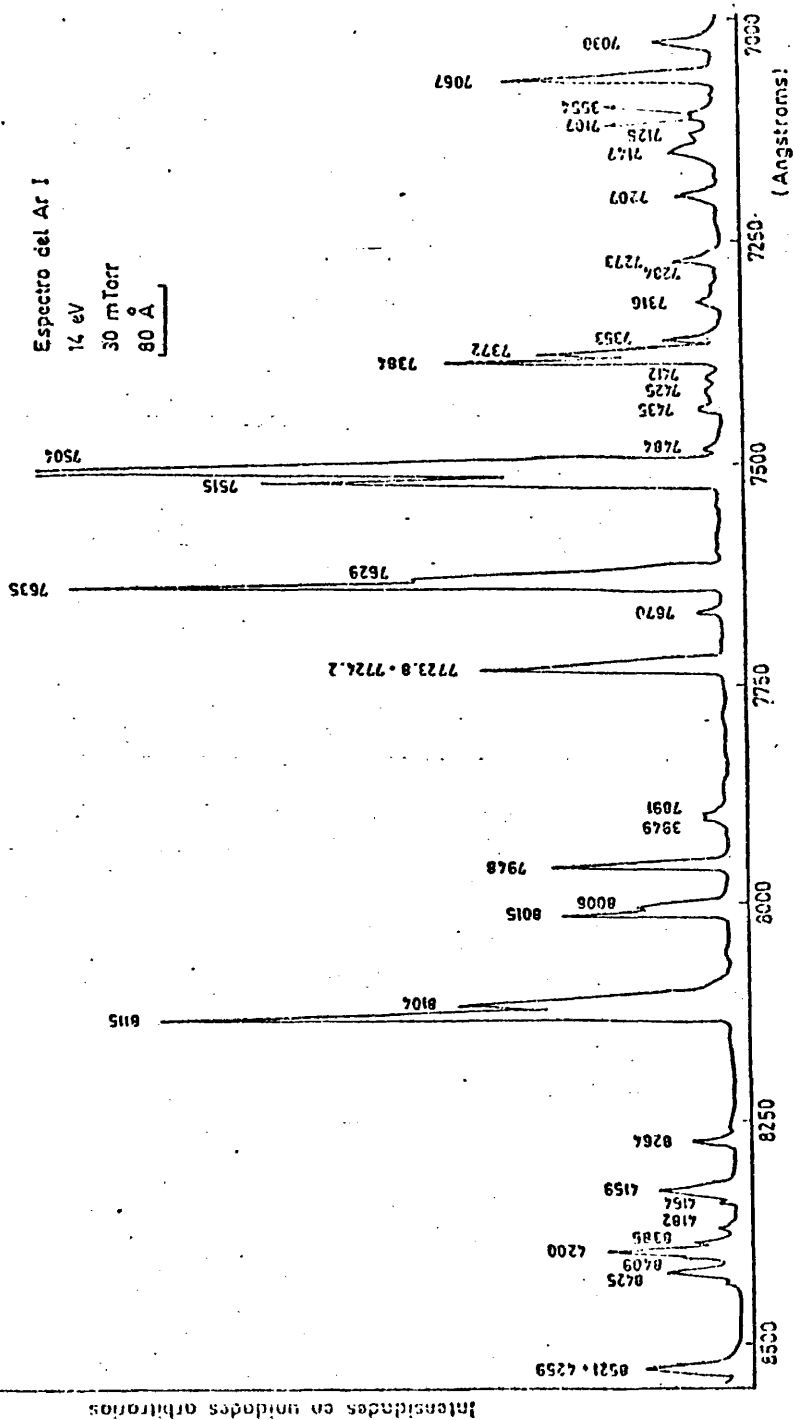
FIG. 10b.

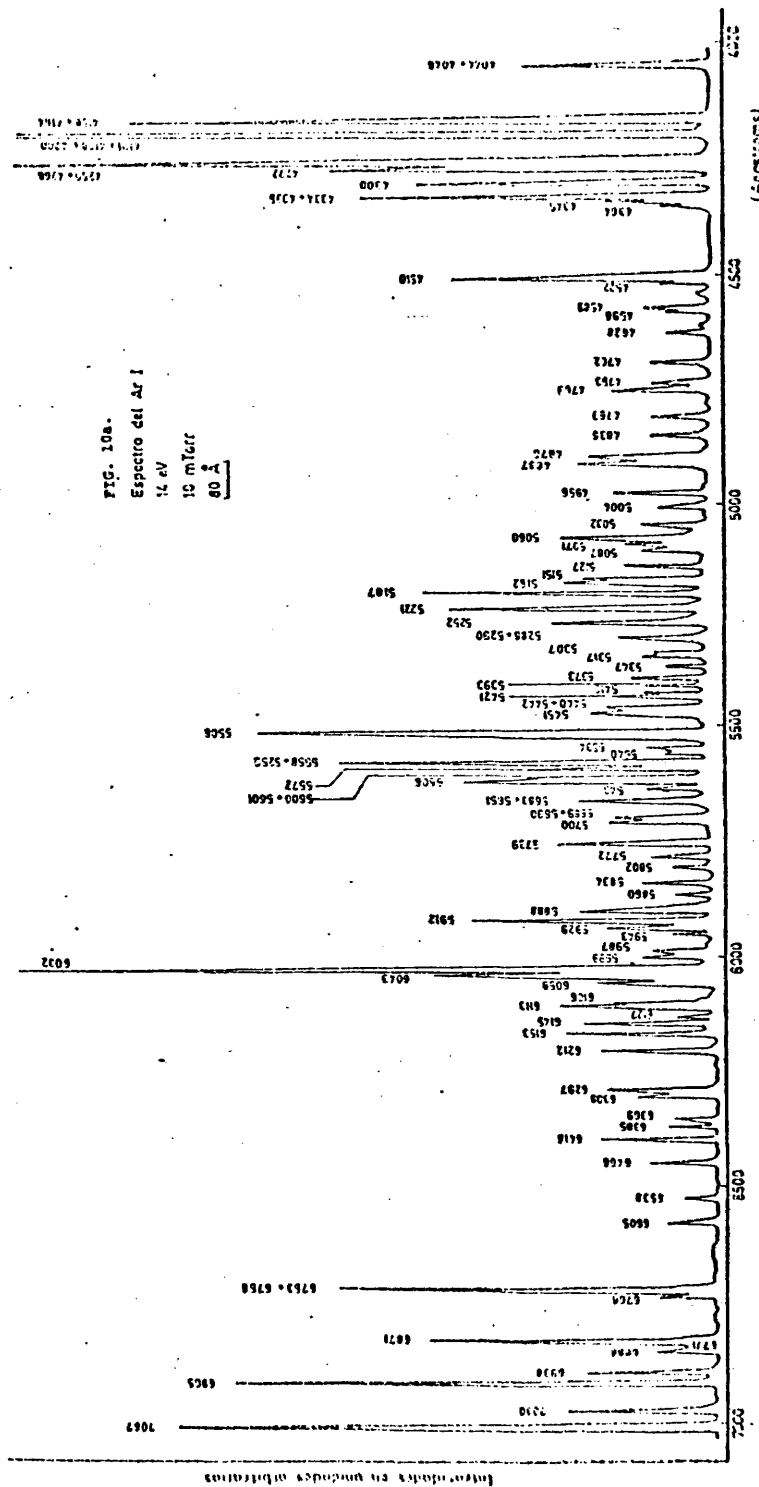
Espectro del Ar I

12 eV

30 mTorr

80 Å





3607 y 8521 Å .

Se han realizado medidas para cada nivel a diferentes energías del haz excitador y diferentes presiones del gas. Las energías se han variado desde valores próximos al umbral hasta 50 eV. Las presiones se han variado en un rango de 1 a 80 mtorr, sin observarse variación de la vida media con la presión en el estudio de niveles no-resonantes. La medida de la desexcitación de un nivel a distintas energías del haz electrónico ha permitido estudiar la variación con la energía de las componentes de cascada y así determinar la contribución de las mismas a la vida media del nivel en estudio. Para aquellos niveles, 4p y 5p preferentemente, en que la curva de desexcitación denotaba la presencia de cascadas, se ha hecho un estudio teórico de las vidas medias de los niveles que más probablemente podían poblar al de interés. Así para algunos niveles 4p se ha podido determinar con cierta seguridad (errores <20%) el nivel poblador. Esta determinación se basa en los cálculos para las vidas medias así como en la intensidad de la línea de población por cascada y la probabilidad para dicha transición.

Para la evaluación de la probabilidad de transición se han considerado los resultados teóricos obtenidos utilizando la aproximación de Coulomb para el cálculo de la parte radial y acoplamiento jk para su parte angular, así como los resultados hallados por otros autores. Para evaluar la importancia relativa de las distintas transiciones en acoplamiento jk es interesante considerar la regla (ref. 18) siguiente: *La parte angular de las probabilidades de transición es mayor cuando $\Delta k = \Delta j = \Delta l = 1$ entre los niveles considerados y cuando mayor en el momento angular total j .*

Finalmente diremos que el análisis de las curvas experimentales obtenidas se ha llevado a cabo mediante un programa en lenguaje BASIC de ajuste de exponenciales múltiples desarrollado expresamente para este trabajo. En general, ha sido suficiente para

lograr un buen ajuste dos componentes exponenciales aunque en algunos niveles p ha sido necesario utilizar tres componentes. El fondo debía conocerse adecuadamente para restarlo de las correspondientes curvas de desexcitación. Para ello en cada uno de las medidas se acumulaban las cuentas debidas al fondo en canales correspondientes a tiempo anteriores al comienzo del impulso de excitación. Esto se lograba retrasando el impulso de excitación respecto al impulso de referencia que se llevaba a la entrada de comienzo del convertidor tiempo amplitud.

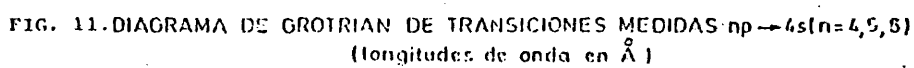
En la Fig. 11 se presenta el diagrama de GROTRIAN parcial de las longitudes de ondas de las líneas utilizadas en la medida de vidas medias de niveles $3p^5np$, así como entre qué niveles tienen lugar las transiciones estudiadas. Para los niveles $3p^5ns$ y $3p^5nd$ se tiene una representación análoga en la Fig. 12.

A continuación pasamos a describir los resultados obtenidos para las diferentes configuraciones.

1.3.1.- Configuración $3p^54p$

La vida media de los niveles $4p$ ha sido objeto de numerosas investigaciones teóricas y experimentales. Las primeras medidas fueron publicadas en 1967 y las últimas en 1978 (ver referencias de la 20 a la 34). Existen notables discrepancias entre los resultados obtenidos. Wiese et al. [20] encontraron que los datos existentes se agrupan en dos conjuntos que difieren entre sí de un 25 a un 35%. Estas discrepancias exceden a los errores experimentales encontrados (inferiores al 10% en la mayoría de los casos), hecho que pone de manifiesto el problema todavía existente de obtener medidas precisas de las vidas medias. Por todo ello, hemos considerado oportuno realizar nuevas medidas de estos niveles $3p^54p$.

Se ha hallado la vida media de 9 de los 10 niveles que



(longitudes de onda en Å)

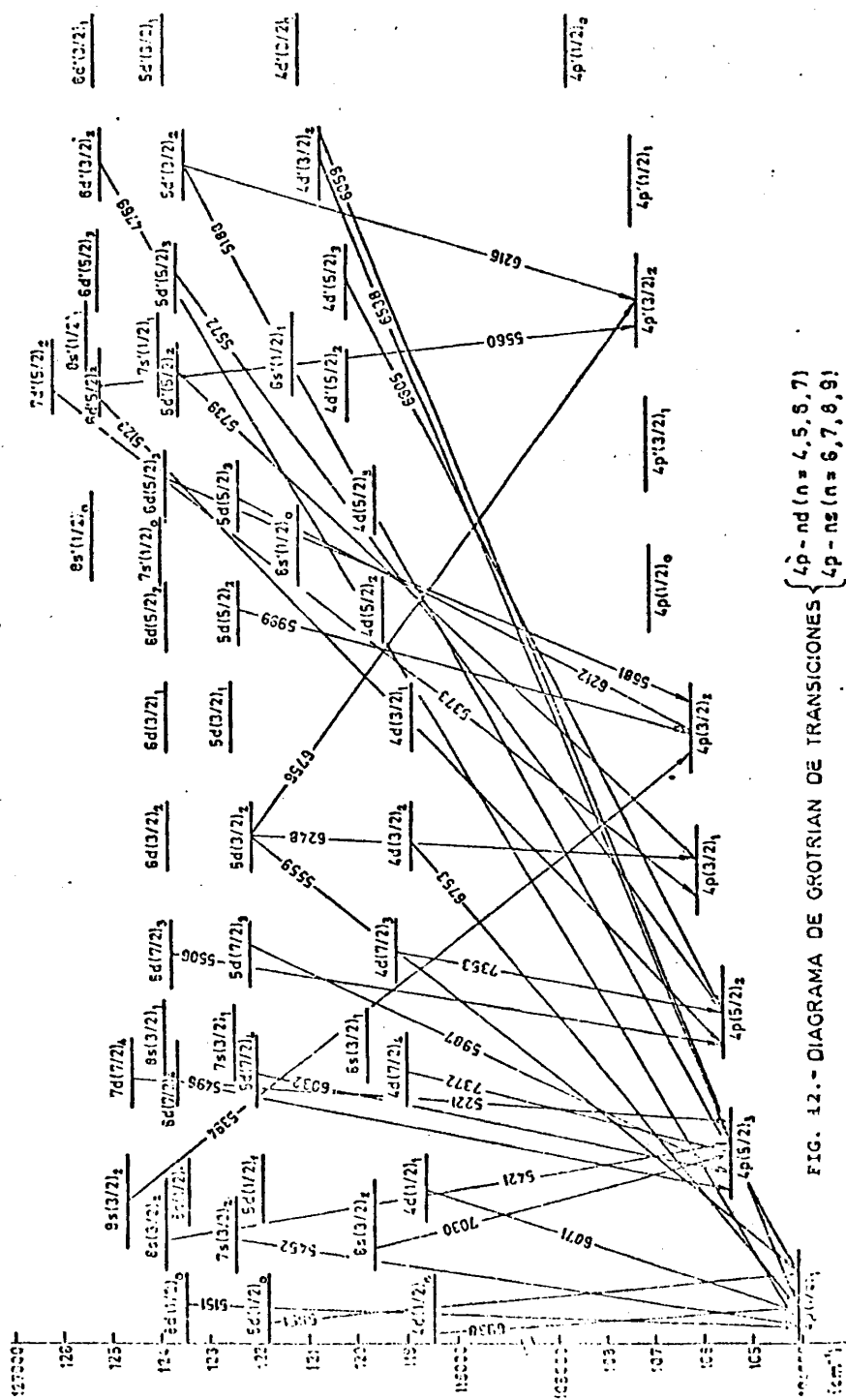


FIG. 12. - DIAGRAMA DE GROTIAN DE TRANSICIONES $\left\{ \begin{array}{l} \text{Lp} - \text{nd} (n = 4, 5, 8, 7) \\ \text{Lp} - \text{ns} (n = 6, 7, 8, 9) \end{array} \right\}$

(longitudes de onda en Å)

forman esta configuración a través de 15 transiciones cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 6965 y 8521 Å .

A continuación se presentan los niveles estudiados en notación de Racah (acoplamiento jk) y Paschen (empírico) así como las energías de las mismas obtenidas de las tablas de C.E. Moore [12]

<u>Nivel</u>		
<u>Racah</u>	<u>Paschen</u>	<u>Energía (cm⁻¹) [12]</u>
4p 5/2 ₃	2p ₉	105462,804
4p 5/2 ₂	2p ₈	105617,315
4p 3/2 ₁	2p ₇	106087,305
4p 3/2 ₂	2p ₆	106237,597
4p 1/2 ₀	2p ₅	107054,319
4p' 3/2 ₁	2p ₄	107131,755
4p' 3/2 ₂	2p ₃	107289,747
4p' 1/2 ₁	2p ₂	107496,463
4p' 1/2 ₀	2p ₁	108722,668

El rango de presiones al que se ha trabajado ha cubierto desde 3 hasta 60 mtorr. No se ha observado en ninguno de los niveles estudiados variación de la vida media con la presión, es decir, ningún tipo de atrape de radiación. Se ha trabajado con energías de excitación de los electrones próximas al umbral para que la contribución de las cascadas fuera lo más baja posible, ya que estos niveles presentan cascadas radiativas muy intensas que tienen significativamente menor intensidad que la componente más rápida, que es la que se atribuye a la desexcitación de los niveles de la configuración estudiada.

Para cada nivel se han realizado las suficientes medidas

que permitan errores estadísticos en los valores de las vidas medias comprendidos entre 4 y 7% .

En la tabla 1 aparecen los resultados experimentales obtenidos por nosotros, así como los cálculos teóricos realizados en aproximación de Coulomb para la parte radial (ver Capítulo IV) y acoplamiento jk para la parte angular de la probabilidad de transición. En ella se comparan con los resultados obtenidos experimentalmente por otros autores (referencias 21-29) y con los cálculos teóricos existentes en la literatura (referencias 20, 30, 39). La existencia de abundantes resultados experimentales (hasta 7 en algunos niveles) nos ha llevado a incluir en esta tabla el valor medio de dichos resultados obtenidos por diferentes métodos experimentales. Hemos comparado nuestros resultados con estos valores medios que esperamos estén exentos de los errores sistemáticos inherentes a cada método en particular. Los métodos empleados han sido: Efecto Hanle [26, 27], excitación por impacto de electrones de baja energía [21, 22, 23, este trabajo], excitación por electrones de alta energía [25], excitación por partículas α [29], excitación óptica por laser [24]. Nuestros resultados están en buen acuerdo, dentro del error experimental con esta media, excepto el nivel $4p\frac{3}{2}\frac{1}{1}$ que muestra una desviación de un 9% .

Del mismo modo, nuestros resultados están en buen acuerdo, dentro del error experimental, con los dados por Ya.F.Vevolainen y A.L.Oshenovich [21], J.Z.Klose [22] y R.A.Nodwell et al. [23] que utilizan el mismo método experimental que nosotros.

Comparados con los resultados experimentales más recientes dados que R.S.F.Chang y D.W.Setser [24] (fluorescencia inducida por laser) y por P.Erman y S.Huldt [25] (técnica de deflexión de electrones de alta energía 7KeV a frecuencias altas). Los nuestros son sistemáticamente más bajos que los de la referencia [24] y más altos que la de la referencia [25]. Sin embargo, las discrepancias con los datos de la ref. [24] son menores de un 14% y con 6 de los ocho resultados dados por la referencia [25], las

Tabla 1.- Vidas medias, en ns, de niveles pertenecientes a la configuración $3p^4p$.

Línea (A)	Este	VALORES EXPERIMENTALES							VALORES TEÓRICOS					
		R.31	R.22	R.27	R.26	R.24	R.23	Otros	Σ	(JCI)	R.31 ^a (IC)	R.32 ^b (IC)		
Trabajo								Autores						
4p(1/2) ₁	8115	31 ^c	31.6 ^c ± 1.6	36 ^c	30.1 ^c ± 0.4	25 ^c			29.7	27.3	28.6	24.5	30.4	28.0 27.5
4p(1/2) ₂	8115	29 ^c			32.8 ^c ± 0.7	25 ^c ± 0.4			31.7	29.0	31.4	25.1	30.8	30.8 29.7
4p(1/2) ₁	8104	30 ^c	33 ^c	29.8 ^c ± 0.7	20 ^c ± 0.3	25 ^c			28.3	26.8	28.7	22.8	29.6	28.0 27.9
4p(1/2) ₂	7755	24.5 ^c ± 1.5	21.8 ^c ± 0.8	29.0 ^c ± 1.7	33 ^c	27.0 ^c ± 1.0	20 ^c ± 0.3	24 ^c	23.7	23.4	26.3	26.9	21.7	29.3 26.0 27.7
4p(1/2) ₀	7115	20 ^c					21 ^c ± 0.3	21 ^c	20.8	23.7	23.3	22.8	19.4	28.1 22.3 19.4
4p(1/2) ₁	7948	28.5 ^c ± 1.5	28.0 ^c ± 1.4	31 ^c ± 0.3	36 ^c	31.2 ^c ± 0.8	20 ^c ± 0.3	24 ^c	29.0	29.5	28.6	29.0	25.3	30.8 28.2 28.9
4p(1/2) ₂	7384	25 ^c ± 1	25.3 ^c ± 2.5	26 ^c ± 1		27.6 ^c ± 0.9	21 ^c ± 0.4	25 ^c	25.0	31.6	27.0	27.6	27.0	31.5 27.3 27.3
4p(1/2) ₁	7273	27.5 ^c ± 1.5	28.0 ^c ± 1.7	25 ^c ± 1		26.5 ^c ± 0.4	24 ^c ± 0.4	24 ^c	28.3	28.6	28.2	25.7	23.2	29.9 25.3 28.1
4p(1/2) ₂	7504	22.0 ^c ± 1.5	20.0 ^c ± 1.5	21 ^c ± 0.2			20 ^c ± 0.3	19 ^c ± 0.3	20.7	21.5	21.1	22.6	19.4	28.1 21.1 19.3

a. 2a^a, 2b
b. 1a^a, 2b
c. Primer valor en la aproximación de la longitud del dipolo, segundo valor en la aproximación de la velocidad del dipolo.
d. 2^a valor de la vida media en la aproximación de una sola configuración; 1^a valor considerando interacción de configuraciones.

discrepancias son menores de un 18% . P. Erman y S.Huldt [25] en contraron valores para las vidas medias de estos niveles que eran un factor 2 a 3 más grandes que los dados en la tabla 1 para presiones en nuestro rango de medida (por ejemplo el valor encontrado a 10 mtorr para el nivel $4p|1/2|$ era de 53.3ns , es decir, 2.4 veces mayor). Los autores atribuyeron este efecto al atrape de radiación no-resonante (transiciones no conectadas con el fundamental) y obtuvieron los valores dados en la Tabla 1 por extrapolación a muy bajas presiones. Las discrepancias con los valores obtenidos en este trabajo para presiones en el rango de los millitorr son debidas principalmente a la gran diferencia de energías de excitación (7 KeV en lugar de 14 eV) y frecuencias de pulsación (1944 KHz en lugar de 50 ó 20 KHz) . El efecto de atrape debido a la alta población de niveles $4s$ (único caso en que tiene una probabilidad apreciable de producirse el atrape de radiación) es despreciable, dentro del error experimental, para medidas realizadas con energías próximas al umbral de excitación, utilizando baja intensidad (0,8 mA, frente a una corriente en su caso de 10 mA) y baja frecuencia de pulsación.

En la tabla 1 aparecen también las vidas medias teóricas calculadas en acoplamiento intermedio por R.A.Lilly [30] , M.Aymar et al. [31] y por P.F.Gruzdev y A.V.Loginov [32] y los cálculos teóricos realizados por nosotros en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro. También se incluye en esta parte teórica los resultados obtenidos por Wiese et al. [20], que presentan unas tablas de las probabilidades de transición de todas las líneas que parten de un mismo nivel. Hemos obtenido la vida media como inversa de la probabilidad de transición absoluta (ver fórmula I.5) tanto para la ref. 20 como para los cálculos teóricos dados en referencias 30 a 32. Hemos incluido en esta parte teórica los resultados de la ref. 20 para resaltar el hecho de que no son medidas directas de las vidas medias como en el resto de los casos. Comparando los resultados teóricos y experimentales obtenidos por nosotros, se encuentra que existe buen acuerdo para todos los niveles, dentro de los límites del error experimental, excepto para los niveles

Fig. 13

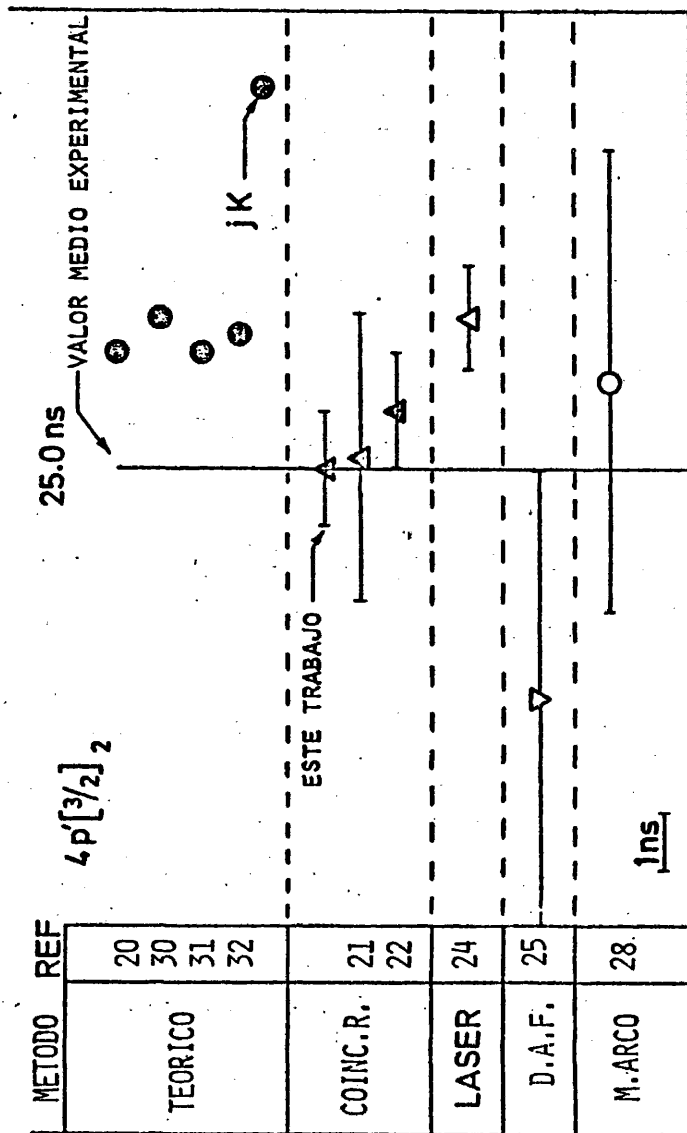


Fig. 14

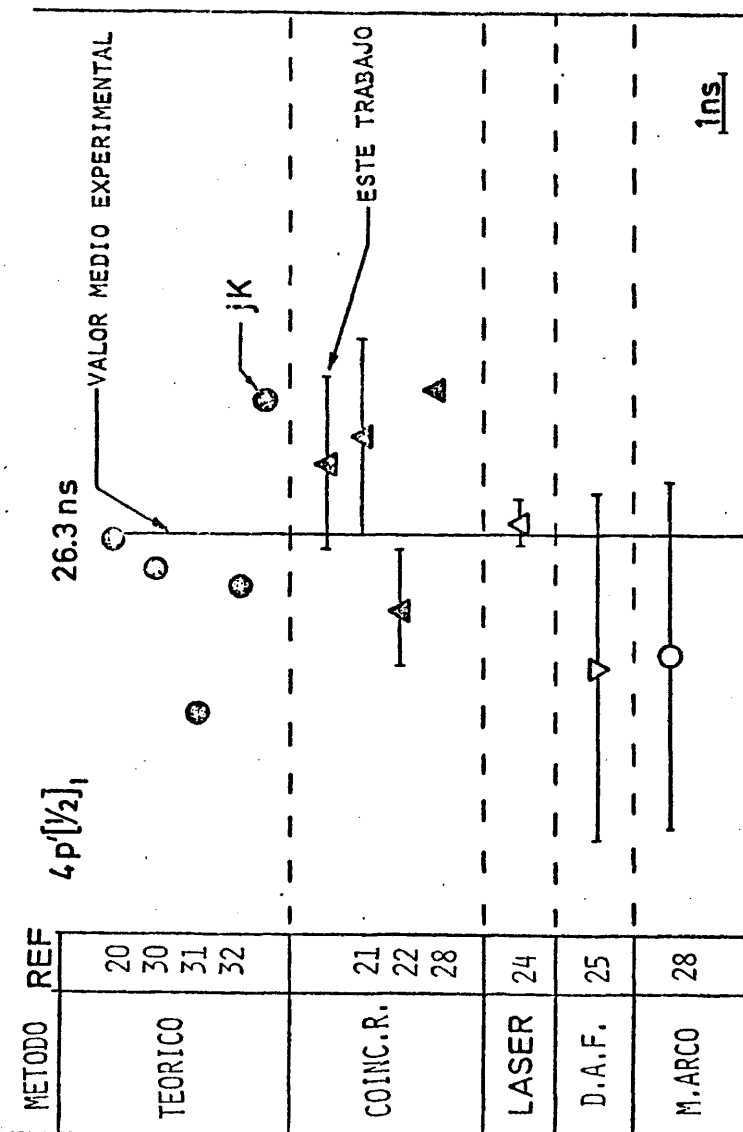


Fig. 15

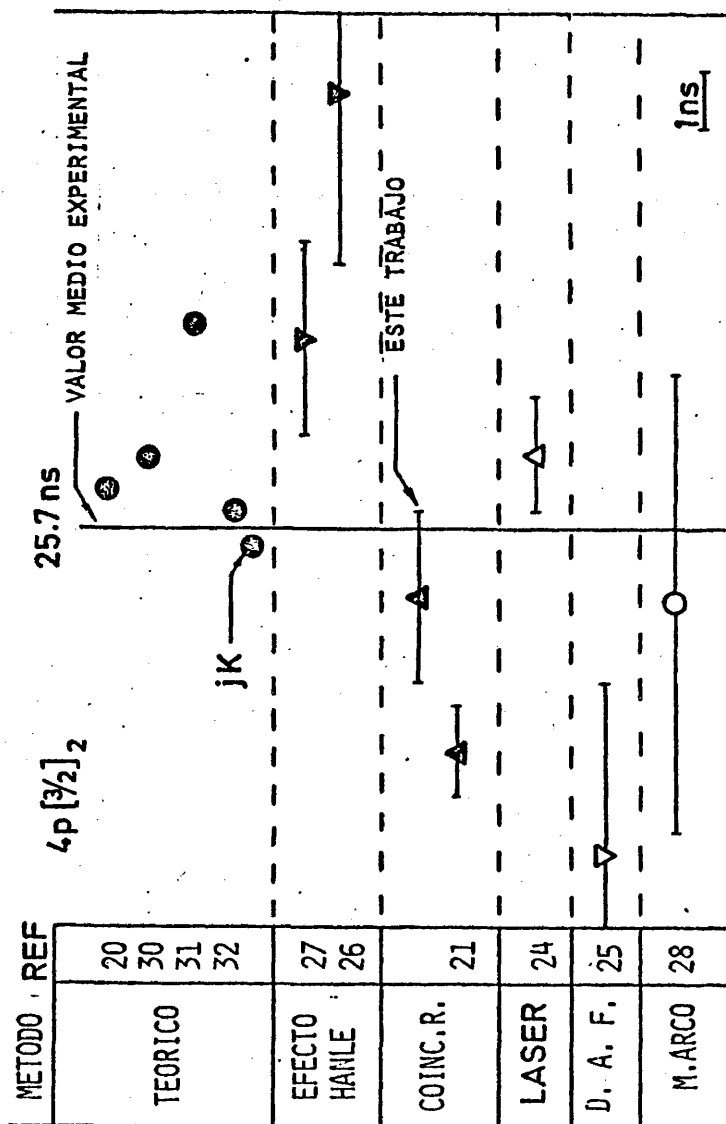
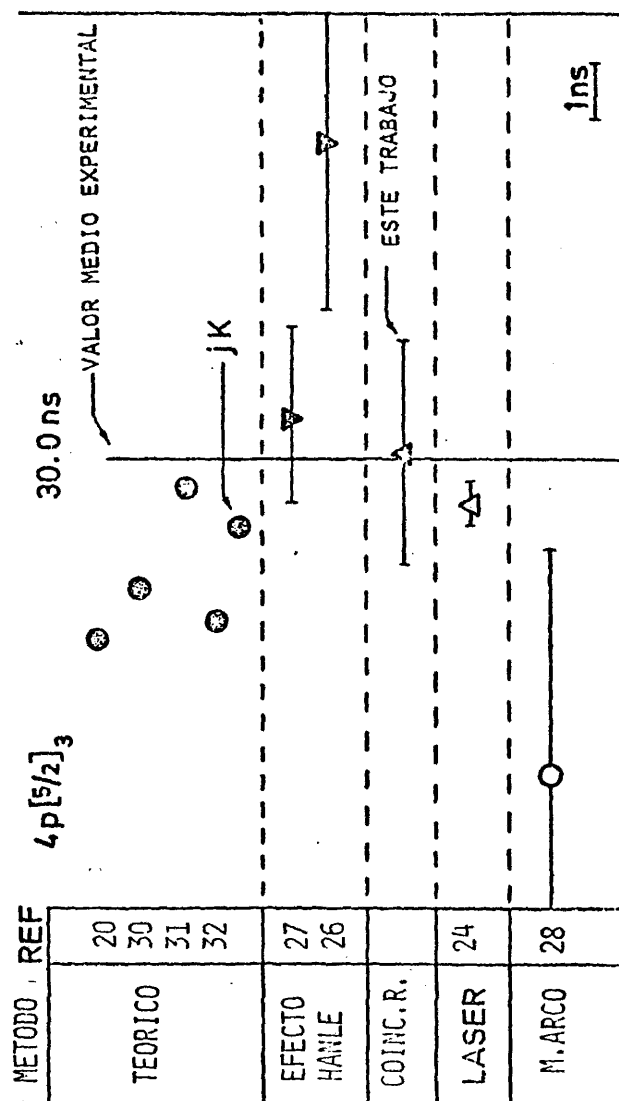


Fig. 16



$4p|1/2|_0$ (16%) y $4p'|3/2|_2$ (20%) . Hemos de hacer notar que to dos los cálculos teóricos, incluida la referencia 20, están en buen acuerdo entre sí, lo mismo ocurre con los resultados experi mentales; los dos grupos difieren entre sí en un 9% . Esto se po ne de manifiesto en la figura 13 en la que se ha representado pa ra este nivel, $4p'|3/2|_2$, los resultados encontrados en la li teratura. Los resultados se han agrupado por el método experi mental utilizado para obtenerla y se han centrado en torno al valor medio calculado. El mismo tipo de representación se ha realizado para los niveles $4p'|1/2|_1$ (Fig. 14), $4p|3/2|_2$ (Fig. 15) y $4p|5/2|_3$ (fig. 16) que son los niveles con mayor abundancia de datos. Observando estas figuras se puede comprobar que los cálcu los teóricos no presentan una desviación sistemática en un senti do determinado (ligeramente inferior en $4p'|1/2|_1$, superiores en $4p'|3/2|_2$). Sin embargo, si que se observan discrepancias sistemáticas de sus resultados según la técnica experimental uti lizada. Así los resultados obtenidos utilizando técnicas de efec to Hanle dan sistemáticamente valores más grandes y los obteni dos por excitación de electrones de alta energía son sistemática mente inferiores, como ya habíamos observado anteriormente.

El análisis de las curvas experimentales obtenidas en la medida de la vida media de estos niveles ha puesto de manifies- to la presencia de cascadas. A pesar de trabajar a energías próxi mas al umbral (no más de 1 eV por encima) no se ha podido eliminar estas componentes de cascada, aunque se observa una considerable disminución de su contribución a la curva experi mental al bajar gradualmente la energía de excitación. Esto nos ha llevado a realizar un mayor número de medidas para cada nivel va riando la presión del gas y la energía de excitación del haz elec trónico. Las energías se han variado hasta valores próximos al umbral de excitación y las presiones hasta valores que todavía nos permitieran una relación señal-ruido adecuada que no prolonga , ran en exceso el tiempo de acumulación (este tiempo no superó a las 12 horas para unas 2000 cuentas sobre el fondo).

Para longitudes de onda tales como 8521 y 8408 Å la presencia de segundos órdenes de intensidad apreciable nos llevó a realizar las medidas con un filtro amarillo que absorbe totalmente longitudes de onda inferiores a 5100 Å. Este filtro se coloca delante de la rendija de entrada del monocromador lo que también ha contribuido a disminuir la intensidad detectada para estas líneas.

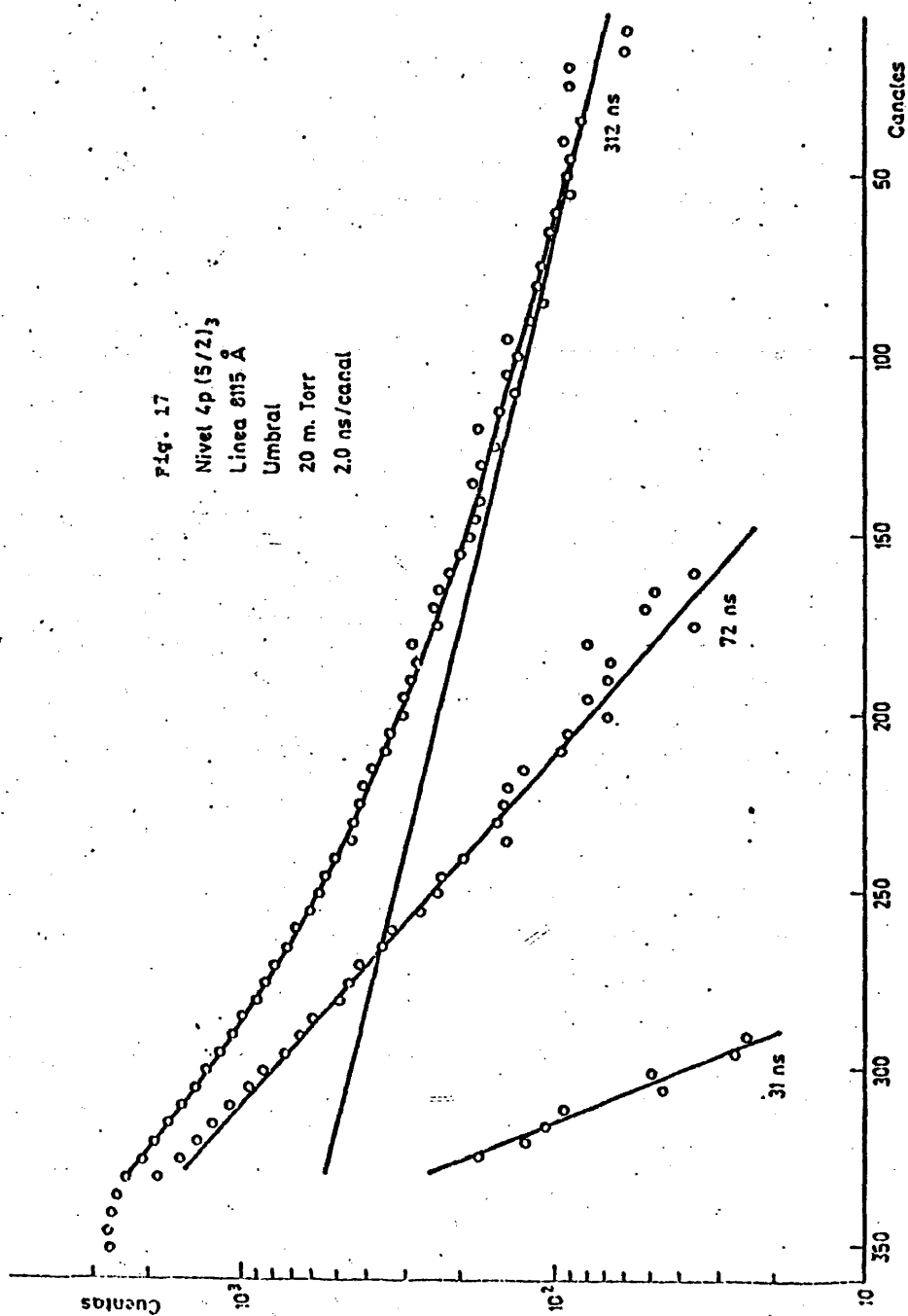
Las curvas experimentales obtenidas para los niveles $4p|5/2|_3$, $4p|5/2|_2$, $4p|3/2|_2$, $4p'|3/2|_1$, $4p'|3/2|_2$ y $4p'|1/2|_1$ se han ajustado con tres componentes exponenciales. La componente más larga no se ha identificado con ningún nivel en particular, pues su valor variaba modificando el fondo.

En la identificación de la componente intermedia se han seguido los criterios comentados al principio de esta sección. Para ilustrar este proceso de identificación veamos, como ejemplo una de las curvas de desexcitación obtenidas para el nivel $4p|5/2|_3$ que aparece en la Fig. 17. La componente larga tiene un valor de 312 ns y la componente intermedia tiene una vida media de 72 ns. Los candidatos que más probablemente puede poblar este nivel serán aquellos niveles próximos en energías (en este caso pertenecerán a configuraciones $3p^5 3d$, $3p^5 5s$ y $3p^5 6s$), con intensidades de línea apreciables. El más probable será aquel de entre ellas que cumpla que $\Delta k = \Delta j = \Delta l = +1$; es decir, en este caso $3d|7/2|_4$.

En la tabla siguiente se presentan algunos de las posibles niveles que pueden poblar por cascada el nivel de interés y presentar un valor de la vida media, calculado en acoplamiento j_k próximo al valor experimental.

El único nivel que cumple $\Delta k = \Delta j = \Delta l = +1$, tiene la vida media próxima al valor experimental de 72 ± 12 ns, la máxima probabilidad de transición al nivel en estudio y la intensidad mayor (que nos habla de la población del nivel $3d|7/2|_4$). Asignaremos por tanto este nivel como cascada más probable y así hemos podido

Fig. 17
 Nivel 4p (S/2)₃
 Línea 8115 Å
 Umbral
 20 m. Torr
 2.0 ns/canal



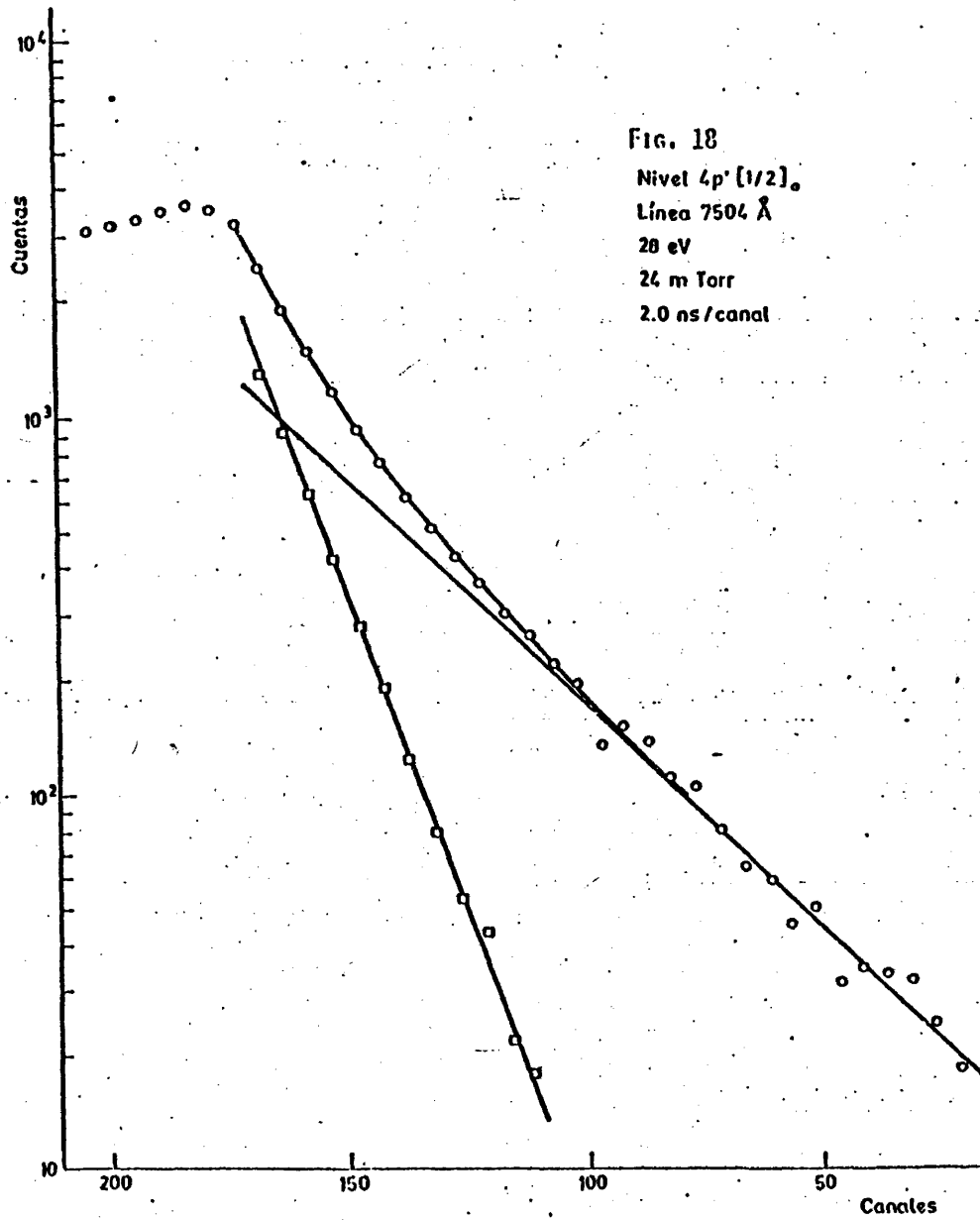
Nivel	$\tau_{(jk)}(\text{ns})$	$\Lambda_{ij} \times 10^6 (\text{s}^{-1})$	$\lambda_{\text{vacío}}(\text{\AA})$	I (ref. 17)
3d 7/2 ₄	63.5	15.74	13722.2	1000
3d 3/7 ₂	78.9	0.54	14978.6	-
3d 5/2 ₂	54.8	0.42	12557.7	5
3d 5/2 ₃	49.5	6.71	12115.6	100
5d 3/2 ₂	49.0	9.72	12491.0	700
6d 3/2 ₂	93.0	3.01	7032.2	100

dar un valor de la vida media de este nivel que no habríamos podido medir directamente pues sus transiciones tienen las longitudes de onda fuera de nuestro rango espectral de detección.

De manera análoga se han identificado las cascadas para los niveles restantes. Con mayor facilidad se ha dado un valor experimental a la componente de cascada en el caso de los niveles $4p|3/2|_1$, $4p|1/2|_0$, $4p'|1/2|_0$ para los que las curvas obtenidas se han ajustado con dos componentes exponenciales. Como ejemplo de ello mostramos en la figura 18 la curva experimental obtenida para el nivel $4p'|1/2|_0$ medido a través de la línea de 7504 Å con el convertidor tiempo-amplitud en rango de 900 ns.

La componente menos rápida tiene un valor de la vida media de 53 ± 7 ns que se ha asignado a dos niveles $3d'|3/2|_1$ y $5s'|1/2|_1$ como posibles pobladores por cascada radiativa del nivel en estudio.

Se han calculado en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk las vidas medias y probabilidades de transición de estos niveles al de interés. Los resultados se comparan con los obtenidos en acoplamiento intermedio por R.A.Lilly [30] en la siguiente tabla:



nivel	I(ref.17)	$\Lambda_{ij} \times 10^6 s^{-1}(jk)$	$\tau_{jk}(ns)$	$\Lambda_{ij} \times 10^6 s^{-1}(IC)$	$\tau_{IC}(ns)$
$3d'(3/2)_1$	70	9.49	55.5	6.25	57.1
$3s'(1/2)_1$	20	1.70	57.9	0.97	49.8

Los valores de las vidas medias que aparecen en esta tabla son las obtenidas considerando atrape resonante total. Tampoco ha sido posible para el nivel $4p'|1/2|_1$ asignar la población por cascada como debido a un único nivel. En ambos casos los niveles pobladores presentan vidas medias que son mayores para un nivel u otro según el tipo de cálculo teórico realizado (ver tabla anterior) y en cualquiera difieren menos de un 14%.

Los resultados obtenidos para los diferentes niveles pobladores aparecen en la tabla 2. El único resultado experimental conocido es el encontrado por Yu. I. Malakhov y V.G. Potyonkin [33] para el nivel $3d|7/2|_4$ que está en buen acuerdo con el hallado por nosotros. Nuestras medidas presentan errores entre un 11 y un 20% y concuerdan en los cálculos realizados por R.A. Lilly [30], P.F. Gruzdev y A.V. Loginov [32] y Murphy [34] excepto para los niveles resonantes $3d|3/2|_1$, $3d'|3/2|_1$ y $5s'|1/2|_1$ para los cuales los valores mostrados en la tabla 2 (ref. 30, 34 y cálculos en jk) considera atrape resonante total. A la vista de esta tabla podemos concluir que los niveles $4p$ son principalmente poblados por niveles $3d$.

I.3.2.- Configuración $3p^5 5p$

Se ha podido determinar la vida media de los diez niveles que integran la configuración $3p^5 5p$ del Ar I'. Estos niveles son:

Tabla 2.- Vidas Medias, en ns, de las cascadas más probables a niveles $4p$

NIVEL POBLADO	NIVELES DE CASCADA MAS PROBABLE	VALORES EXPERIMENTALES		VALORES			TEORICOS		
		Este Trabajo	R.33	(JK)	R.30 (IC)	τ_c	τ_{SC}	τ_v	R.36 (IC)
$4p(5/2)_3$	$3d(7/2)_4$	72 ± 12	63 ± 6	63.5	60.2	53.3	50.8	48.5	52.0
$4p(5/2)_2$	$3d(7/2)_3$	55 ± 10		59.1	57.3	52.7	50.2	47.9	50.8
$4p(3/2)_1$	$3d(5/2)_2$	68 ± 12		55.0	56.9	52.2	49.8	47.4	49.9
$4p(3/2)_2$	$3d(5/2)_3$	54 ± 12		49.5	57.0	51.7	49.3	47.0	49.0
$4p(1/2)_0$	$3d(1/2)_1$	40 ± 5		42.4^b	54.3^b				
$4p'(3/2)_1$	$5s'(1/2)_0$	61 ± 7		56.4	46.4	39.3	43.5	48.2	45.5
$4p'(1/2)_1$	$3d'(3/2)_2$ $5s'(1/2)_0$	60 ± 8		57.7	52.2	51.2	48.8	46.6	48.3
$4p'(1/2)_0$	$3d'(3/2)_1$ $5s'(1/2)_1$	53 ± 7		56.4	46.4	39.3	43.5	48.2	43.9
				55.5^b	57.1^b				45.5^b
				57.9^b	49.8^b				49.3^b

a. Ref. 32 (IC)

b. Valores tomados considerando atorno resonante total.

57

Nivel

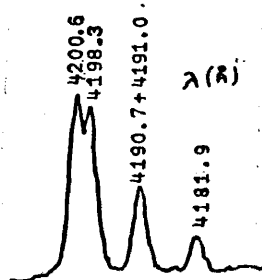
Notación Racah(jk)	Notación Paschen	Energía(cm^{-1}) experimental 12
5p $ 1/2 _1$	3p ₁₀	116660.054
5p $ 5/2 _3$	3p ₉	116942.815
5p $ 5/2 _2$	3p ₈	116999.389
5p $ 3/2 _1$	3p ₇	117151.387
5p $ 3/2 _2$	3p ₆	117183.654
5p $ 1/2 _0$	3p ₅	117563.02
5p' $ 3/2 _1$	3p ₄	118407.494
5p' $ 3/2 _2$	3p ₃	118469.117
5p' $ 1/2 _1$	3p ₂	118459.662
5p' $ 1/2 _0$	3p ₁	118870.981

Estos niveles se han medido a partir de quince transiciones con longitudes de onda comprendidas entre 4044 y 4702 Å son estas líneas las más intensas del espectro del Ar I, después de las ya estudiadas que parten de niveles 4p. En la zona en la que se encuentran, hemos utilizado para longitudes de onda inferiores a 4500 Å la red de difracción *Low Bragg* que presenta una mayor eficiencia espectral en esta zona y que permite tener una resolución de 3 Å.

Esto no era suficiente para separar los grupos de líneas I, II y III con el fin de separarlas se cambian las rendijas a 50 micras pasando el sistema a resolver 1.5 Å lo que nos permitió diferenciar las líneas de los dos primeros grupos. Para separar las líneas del tercer grupo tuvimos que acudir al uso de un monocromador Seya-Namioka de resolución 1 Å (la descripción del dispositivo experimental se puede ver en ref. 35). Las medidas se realizaron con este sistema utilizando el generador de

	$\lambda_{\text{Aire}} (\text{\AA})$	Transición	I 17
I	4333.56	$4s' 1/2 _1 - 5p' 3/2 _2$	1000
	4335.34	$4s' 1/2 _1 - 5p' 1/2 _1$	800
II	4044.42	$4s 3/2 _1 - 5p' 3/2 _2$	1200
	4046.00	$4s 3/2 _1 - 5p' 1/2 _1$	150
III	4198.34	$4s 3/2 _1 - 5p 1/2 _0$	1200
	4200.67	$4s 3/2 _1 - 5p 5/2 _3$	1200

impulsos y convertidor tiempo amplitud del sistema anteriormente



detallada. Se hicieron medidas previas de linealidad y calibración en tiempos para este convertidor y el analizador multicanal de amplitudes Canberra 8100 MCA. El fotomultiplicador utilizado ha sido un EMI 9813QB con rango de sensibilidad espectral entre 2000 y 6000 Å.

Las curvas experimentales

se han ajustado con dos componentes exponenciales, excepto para los niveles $5p |1/2|_1$ y $5p' |1/2|_1$ que se han ajustado con tres componentes siendo la componente más corta, de amplitud negativa, debida a la población por cascada desde un nivel de vida media inferior tal como ha sido explicado anteriormente.

Los valores obtenidos para las vidas medias de estos niveles aparecen en las tablas 3 y 4.

En la tabla 3 aparecen los niveles procedentes del término padre $J_c = 3/2$ (niveles sin primas). Nuestros resultados

Tabla 3 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 5p$ ($J_c = 3/2$).

NIVEL	Línea ° λ (A)	RESULTADOS EXPERIMENTALES					CALCULOS TEORICOS				
		Este Trabajo	R.22	R.21	R.38	R.35	(JK)	R.31 (IC)	R.30 (IC)	R.32 τ _{SC} τ _{IV}	
5p(1/2) ₁	4702	170±14	191±29			85±10	166	124	107	132 155	
	4522		189±19								
5p(5/2) ₃	4201	154±12	141±7		171±5	115±15	122	114	110	118 124	
	4628										
5p(5/2) ₂	4300	168±14	166±17	148±12	130±20	120±15	129	126	121	129 134	
	4272	172±15	149±8	190±16		90±10	109	120	119	128 126	
5p(3/2) ₂	4266	176±10				125±10	92	98	104	111 110	
	4159		124±13	200±16							
5p(1/2) ₀	4511	95.5±5.5	95±5	97±4							
	4198		98±10			90±5	73	93	95	108 65	

presentan errores comprendidos entre un 6 y un 9%. Estos errores resultan ser algo grandes comparados con los obtenidos para otros niveles medidos en condiciones aparentemente más difíciles (ver secciones siguientes), pero la fuerte población por cascada que presentan estos niveles no ha permitido dar los resultados con mayor exactitud. En esta tabla se presentan, además, los resultados obtenidos experimentalmente por otros autores: J.Z.Klose [36], Yu.F.Verolainen y A.L.Osherovich [31] y B.Zurro [39] utilizando coincidencias diferidas; M.Chenevier y G.Goullet [38] realizando medidas de resonancia magnética detectada ópticamente y P. Erman y S.Huldt [25] que usan electrones muy energéticos y altas frecuencias de pulsación.

Nuestros resultados están de acuerdo, dentro del error experimental, con los obtenidos por las referencias [36], [39] y [21] y son inferiores a los dados por P.Erman y S.Huldt (por razones análogas a las expuestas en la sección precedente).

Los valores teóricos para estos niveles dan valores, en general, inferiores a los resultados encontrados en la literatura. Siendo los valores más próximos a los experimentales los dados por nosotros en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk y los calculados por P.F.Gruzdev y A.V.Loginov [32] considerando interacción de configuraciones.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para los cuatro niveles procedentes del término padre $J_c = 1/2$. Los resultados experimentales existentes son más escasos. Así para los niveles $5p' |3/2|_1$ y $5p' |1/2|_1$ existe un solo resultado anterior a los nuestros. En ambos casos hay acuerdo entre ellos dentro del error experimental.

El nivel más medido es el $5p' |1/2|_0$. Para este nivel es fácil ver que nuestro resultado es intermedio, un 26% inferior al valor más largo (ref. 21) y un 22% superior al valor más corto (ref. 25). Los cálculos teóricos dan valores inferiores a los

Tabla 4 .- Vidas Medias de niveles $3p^5 5p$ ($J_c = 1/2$) (en ns).

NIVEL	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES				VALORES TEORICOS				
		Este Trabajo	R.22	R.21	Otros Autores	R. 25	(JK)	R.31 (IC)	R.30 (IC)	R.32 τ_{SC}^{MC} τ_{IV}
$5p' (3/2)_2$	4044 4334	181±8		174±13			127	118	113	122 124
$5p' (3/2)_1$	4345	175±13			80±10 ^a	150±15	123	114	114	123 127
$5p' (1/2)_1$	4182	170±15				150±10	123	102	104	118 123
$5p' (1/2)_0$	4259	81±6	71±4	106±5	78±10 ^b	65±5	83	94	97	109 62

a. R. 38

b. R. 39

resultados experimentales obtenidos, excepto para el nivel $5p' | 1/2 |_0$.

En la tabla 5 se presentan los niveles identificados como cascadas más probables. Los resultados obtenidos presentan errores comprendidos entre un 6 y un 20%. Excepto para las componentes negativas de los niveles $5p | 1/2 |_1$ y $5p' | 1/2 |_1$, parece desprenderse de esta tabla que los niveles que más probablemente pueden poblar por cascada radiativa los niveles $5p$ son los niveles $4d$.

Nivel $5p | 1/2 |_1$

Se ha medido a partir de la transición $4s' | 1/2 |_1 - 5p | 1/2 |_1$ de 4702.31 \AA . Esta línea ha resultado poco intensa con respecto a lo que sería de esperar según la ref. 17 ($I = 1200$). Su baja intensidad fue comentada por J.Z.Klose [36], el cuál sólo ha realizado dos medidas para esta transición lo que le ha llevado a dar un valor de la vida media poco exacto (15% de dispersión). A pesar de la poca intensidad de la transición se han realizado numerosas medidas con energías de excitación entre 14 y 18 eV y a presiones del gas entre 7 y 12 mtorr.

Las curvas experimentales se han ajustado con tres componentes exponenciales bien definidas. La más larga tiene un valor de

$$325 \pm 35 \text{ ns}$$

Una componente intermedia asignada a la desexcitación del nivel en estudio presenta un valor de

$$170 \pm 12 \text{ ns}$$

Y una componente negativa a la que se ha asignado un valor de

$$72 \pm 10 \text{ ns}$$

Tabla 5 .- Vidas Medias, en ns, de las cascadas más probables a niveles 5p

NIVEL POBLADO	NIVELES DE CASCADA MÁS PROBABLE	VALORES EXPERIMENTALES		CALCULOS TEORICOS				
		Este	Valores en medida directa	(JK)	ζ_I	ζ_{SC}	ζ_V	ζ_{NC}
5p(1/2) ₁	6s(3/2) ₂	72+10	75+8	91.9	76.9	84.7	93.2	84.5
5p(5/2) ₂	4d(7/2) ₃	360+60	285+15	296.9	476	404	342	408
5p(3/2) ₁	4d(5/2) ₂	362+40		348.2	432	367	311	339
5p(3/2) ₂	4d(5/2) ₃	351+30		334.5	408	347	294	314
5p(1/2) ₀	4d(3/2) ₁	199+30		233.8 ^a				
5p'(3/2) ₁	4d'(5/2) ₂	295+25		275.0	430	365	310	297
5p'(1/2) ₁	6s'(1/2) ₀ 6s'(1/2) ₁	75+15		94.8 89.7 ^a	76.7	84.5	92.9	87.7

a. Valores en atrape resonante total.

El análisis de los niveles próximos más probables nos lleva a considerar dos niveles, cuyas vidas medias y probabilidades de transición aparecen en la tabla siguiente:

Nivel (jk)	$A_{ij} \times 10^6 s^{-1}$	τ_{jk} (E_{medias})	$\tau_{experimental}$
4d 3/2 ₂	0.8833	191.5 ns(276 ns)	147 ± 7 ns
6s 3/2 ₂	0.8553	91.9 ns(87.2ns)	75 ± 8 ns

En principio, podríamos estar tentados a asignar la componente larga a la población por cascada desde el nivel 4d|3/2|₂, pues es la transición más probable; su vida media teórica, utilizando los dos criterios de selección de energías, da valores que cubren un intervalo que excluye el valor experimental hallado, además la existencia de un valor experimental de la medida directa de la vida media de este nivel nos hace pensar que esta componente larga se debe a la contribución del nivel 4d|3/2|₂ y otros de vida media mayor que se mezclan sin poder dar un representante único. Este hecho pone de manifiesto la cautela con que deben de ser tratados los valores obtenidos para las cascadas. Sólo consideraremos como resultados definitivos los obtenidos por medidas directas del nivel en estudio. Sin embargo, para la componente negativa, existe concordancia entre la medida directa de la vida media del nivel 6s|3/2|₂ ($\tau = 75 \pm 8$ ns) y el resultado encontrado al estudiar indirectamente su valor como nivel poblador ($\tau = 72 \pm 10$ ns).

El valor encontrado para la vida media del nivel 5p|1/2|₁ es, por tanto, 170 ± 12 ns que concuerda dentro del error experimental con los valores encontrados por la ref. 36, tanto a partir de esta transición, 191 ± 29 ns, como a partir de la transición 4s'|1/2|₀ - 5p|1/2|₁ de 4522.3 \AA , para la cual el valor encontrado es de 189 ± 19 ns. Tenemos también el resultado obtenido por P. Erman y S. Hultdt [25] de 85 ± 10 ns que difiere considerablemente de los restantes valores. Como ya explicamos en la sección anterior (ver I.3.1), estos autores hablan de la presencia de atrape radiativo no-resonante que con nuestro sistema de medida no se pre

senta. Nuestros resultados presentan acuerdo, dentro del error experimental con los cálculos teóricos obtenidos en jk y con los realizados por la ref. 32 considerando interacción de configuraciones.

En la Fig. 19a se muestra un ejemplo de la curva experimental obtenida a una energía de excitación de 14 eV y presión del gas de 9 mtorr. Esta curva experimental ha sido obtenida con el convertidor de 900 ns (2.0 ns/canal). También se han realizado medidas con el convertidor de 3500 ns obteniéndose valores acordes.

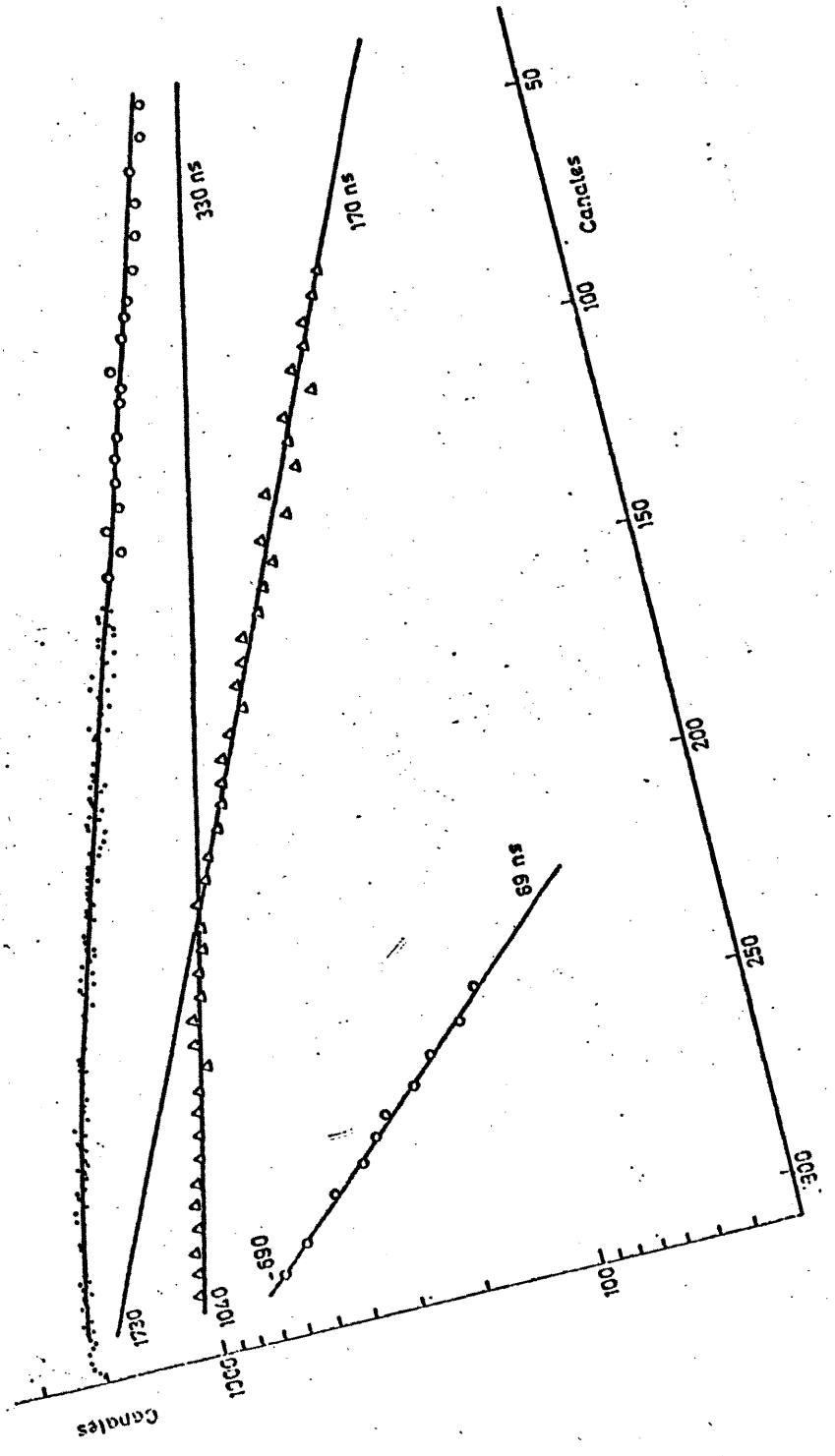
Para energías de 40 eV observamos que la curva experimental cambiaba de forma. Se analizó con tres componentes siendo la tercera componente positiva y de valor 39 ± 4 ns. La presencia de esta componente rápida y de contribución positiva se explica por la mezcla de la línea en estudio de 4702.3 \AA con la transición ($3d^1 2p_{1/2} - 3p_1 \ 4f|2|_{3/2}$) de 4703 \AA del Ar II. No se han encontrado en la bibliografía valores de la vida media de este nivel del Ar II que pudieran apoyar nuestra hipótesis. La componente intermedio da en este caso valores ligeramente inferiores a los encontrados a energías más bajas, pero dentro del error experimental. La tercera componente, sin embargo, se alarga considerablemente a estas energías tan altas. En la Fig. 19b se muestra un ejemplo de las curvas experimentales obtenidas a estas energías.

Nivel $5p|5/2|_3$

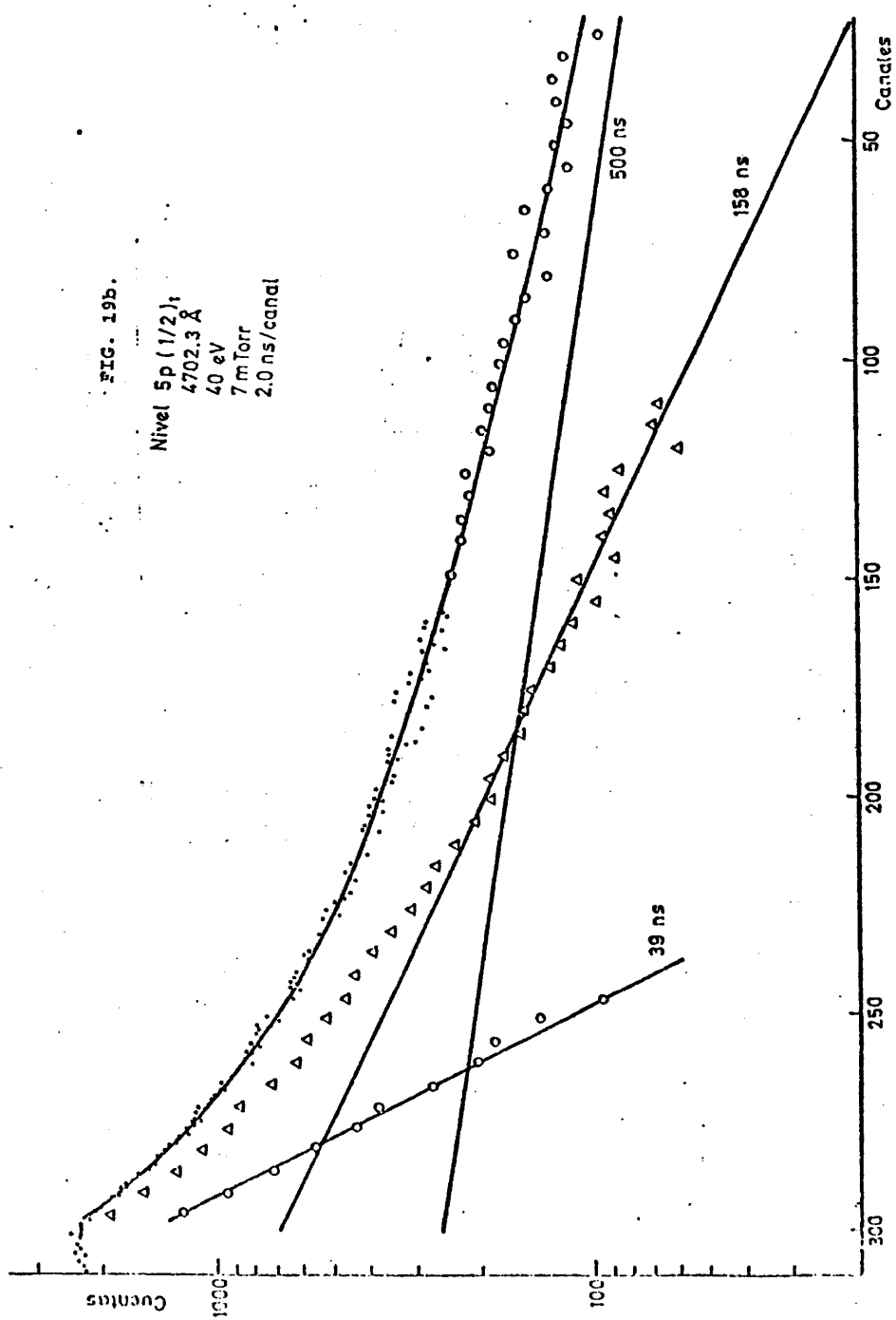
Se ha medido a través de la única transición posible a niveles $4s : 4s|3/2|_2 - 5p|5/2|_3$ de la longitud de onda 4200.7 \AA .

La medida de este nivel encerró una especial dificultad debido a que no se podía seleccionar ninguna otra transición en el espectro visible y que ésta no era resuelta por nuestro sistema espectrométrico. Se cambiaron las rendijas del monocromador a

Fig. 19a.
 Nivel Sp (1/2)
 4702.3 Å
 15 eV
 9 mTorr
 2.0 ns/canal



65



otras de 50 micras, pero la igualdad de intensidades de ambas líneas

4200.7 Å

4198.3 Å

impedía su resolución total. A pesar de todo se realizaron medidas en esta mezcla de líneas con estas rendijas más estrechas.

El análisis de las curvas obtenidas en el máximo de intensidad se realizó con tres componentes exponenciales. La componente más larga tiene un valor de 750 ns y no se puede asignar a ningún nivel concreto debido a la mezcla de cascadas pobladoras de cada uno de los niveles. La componente intermedia da valor 150 ns es la del nivel en estudio.

Medidas previas de la vida media del nivel $5p|1/2|_0$, a través de la línea de 4510.7 Å, nos permitieron asignar la componente rápida de 75 ± 15 ns como debida a la desexcitación de este nivel que aparecía por la mezcla de líneas.

A continuación se realizaron medidas desplazando el monocromador del máximo de intensidad de la línea hacia longitudes de onda mayores. Situándonos en un punto donde la intensidad de la línea había disminuido hasta un 40% de su valor inicial (la gran intensidad de la línea permitía obtener una relación señal-ruído adecuada). Los resultados obtenidos eran plenamente satisfactorios. Las curvas experimentales se ajustaban por sólo dos componentes. La más larga de unos 350 ns y la más corta entorno a 160 ns. En las Figs. 20a y 20b se muestra un ejemplo de las curvas obtenidas en cada caso y se especifica las condiciones de medida.

La existencia de un dispositivo experimental para la medida de vidas medias con resolución de 1 Å (monocromador Seya-Namioka, ver ref. 35) nos llevó a realizar medidas en este sistema,

Fig. 20a.

Nivel $5p\ 5/2\ |_3$
 $4200 \pm 4198 \text{ \AA}$
 14 eV
 6 mTorr
 2.0 ns/canal

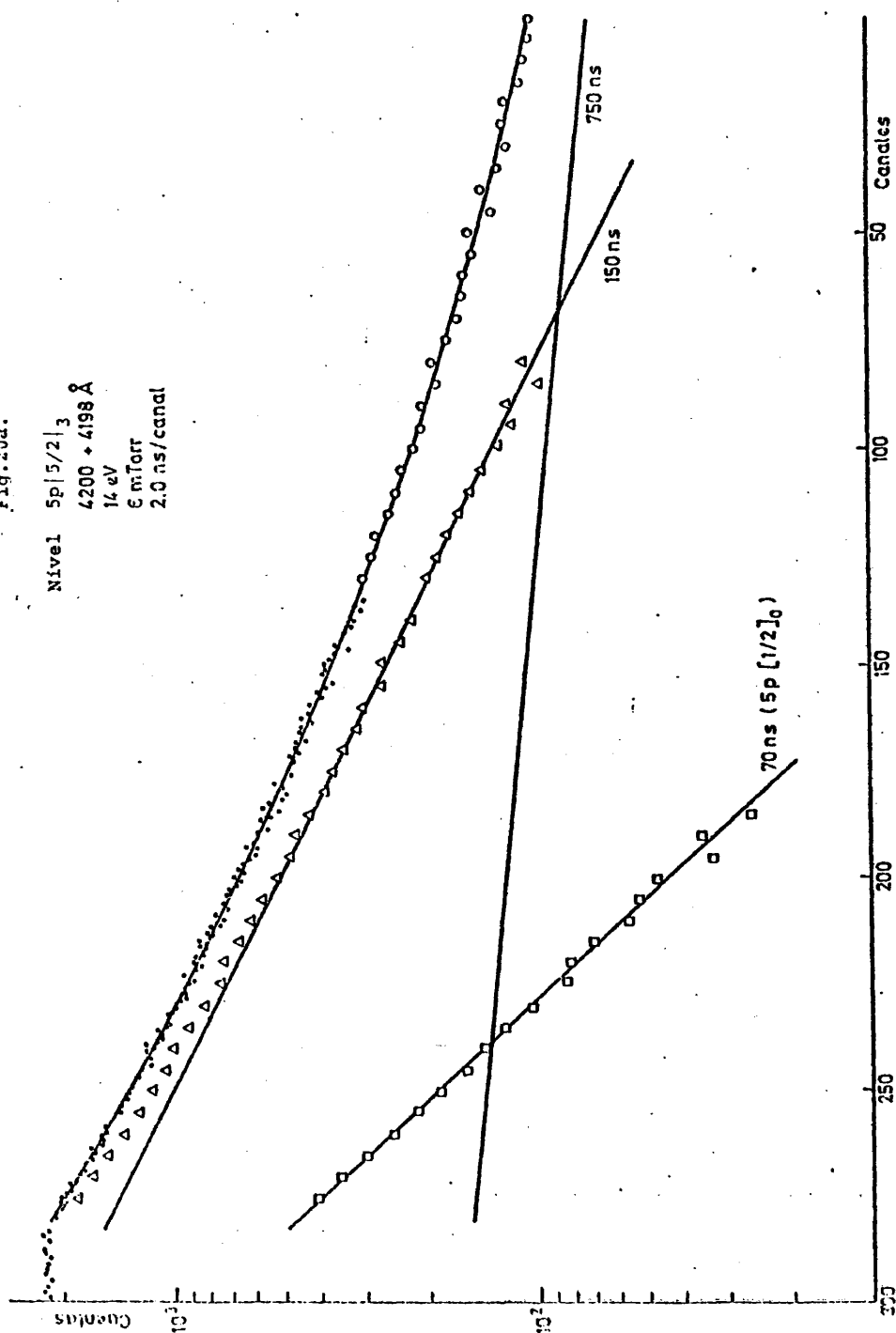
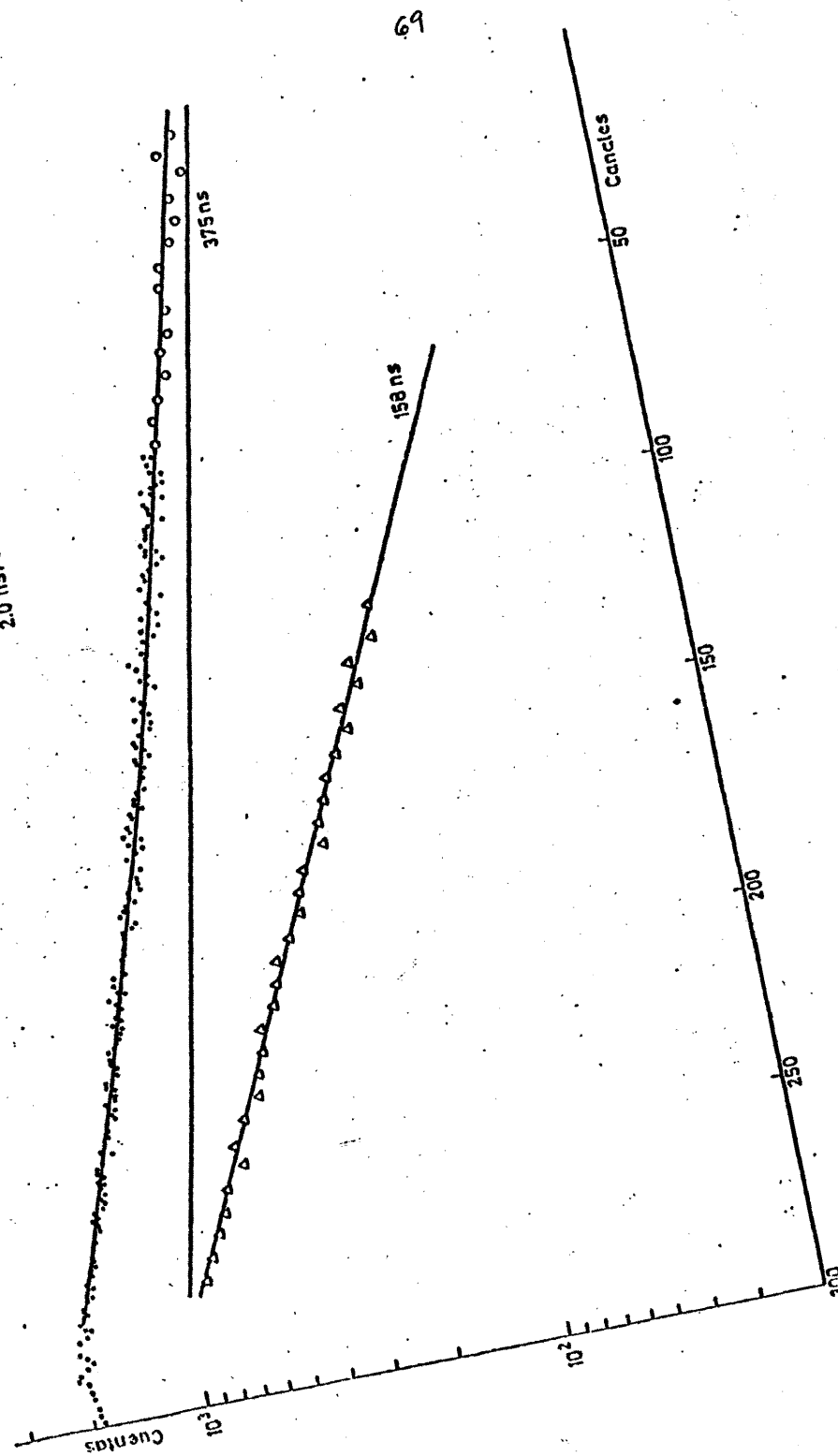
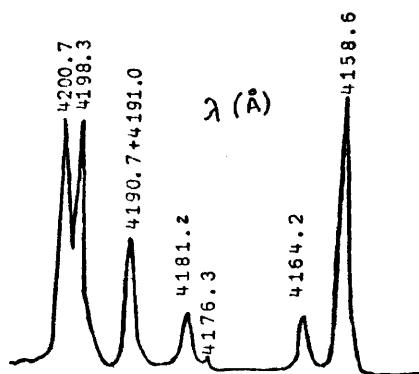


FIG. 20b.

Nivel $5p (5/2)_{3/2}$
4200.1 (desplazada a un 48% del máximo)
14 eV
6 mTorr
2.0 ns/canal



en el cual la obtención de un espectro de la zona de interés nos permitió comprobar que las líneas aparecían resueltas (como se puede ver en la figura). Utilizando el generador de impulsos y el convertidor tiempo-amplitud del sistema anterior y previa calibración en tiempos (1.85 ns/canal) de todo el sistema se procedió a realizar medidas en este último.

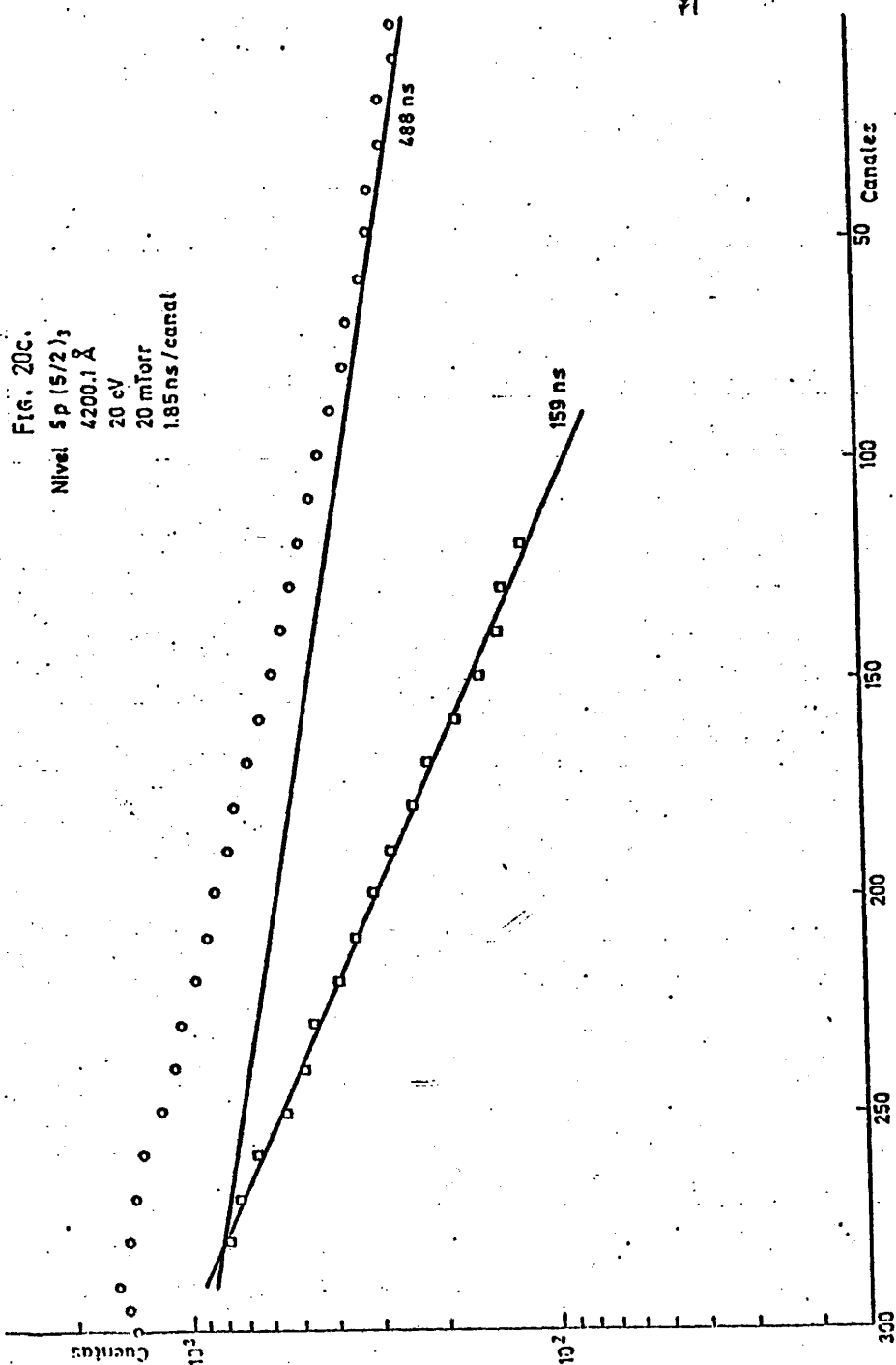


Como era de esperar las curvas experimentales se ajustaban con dos componentes. La más larga de unos 500 ns y la más corta de unos 155 ns.

Un ejemplo de las curvas experimentales obtenidas con este sistema aparece en la Fig. 20c.

Los diferentes valores encontrados para la componente más larga se suponen debidos a incertidumbre en el valor de los fondos correspondientes.

A la componente rápida, en vista de los resultados obtenidos, se le ha asignado un valor de 154 ± 12 ns que está de acuerdo dentro del error experimental con los resultados experimentales obtenidos por J.Z.Klose [36] 141 ± 7 ns y M.Chenevier y G. Gouillet [38] de 171 ± 5 ns. Difiere en un 29% del valor encontrado por P.Erman y S.Huldt [25]. Las discrepancias con los cálculos teóricos varían entre un 33% (con la ref. 30) y un 22% (para cálculos en jk y en acoplamiento intermedio (IC) considerando interacción de configuraciones, ref. 32).



12

Nivel $5p|3/2|_2$

La medida de la vida media de este nivel se ha realizado a través de dos transiciones encontrando para ambas valores acordes dentro del error experimental

Transición	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA})$	I 17	I relativa según el espectro
$4s 3/2 _1 - 5p 5/2 _2$	4300.1	1200	100
$4s' 1/2 _1 - 5p 5/2 _2$	4628.44	1000	14.5

Debido a la diferencia de intensidades que presentan las dos líneas, la mayoría de las medidas se han realizado a través de la línea más intensa (diez en total). Las condiciones de medidas han sido

Energía de excitación : desde el umbral a 26 eV ;

Presión del gas : de 9 a 20 mtorr

El análisis de las curvas experimentales se ha realizado con dos componentes exponenciales. Para la más larga se ha encontrado un valor 360 ± 60 ns . Teniendo en cuenta los criterios de asignación de niveles como posibles pobladores; es decir, $\Delta k = \Delta j = \Delta l = +1$, probabilidades de transición, intensidades de las líneas y valores de las vidas medias; el nivel más acorde con todos estos requisitos es el nivel $4d|1/2|_3$ que medido a través de la línea de 7353 Å tiene una vida media de 285 ± 15 . La asignación se considera aceptable dentro del error experimental.

La componente más rápida debida a la desexcitación del nivel en estudio es de 168 ± 12 ns , que concuerda, dentro del error experimental con los valores obtenidos por J.Z.Klose [36] (166 ± 17 ns) y Ya.F.Verolainen y A.L.Osherovich (148 ± 12 ns) [21] que utilizan un método experimental semejante. Estos valores son mayores que los encontrados por M.Chenevier y G.Goullet [38] en un

FIG. 21a.
Nivel 5p (5/2)_{1/2}
4300 Å
Umbral
15 mTorr
2.0 ns/candl

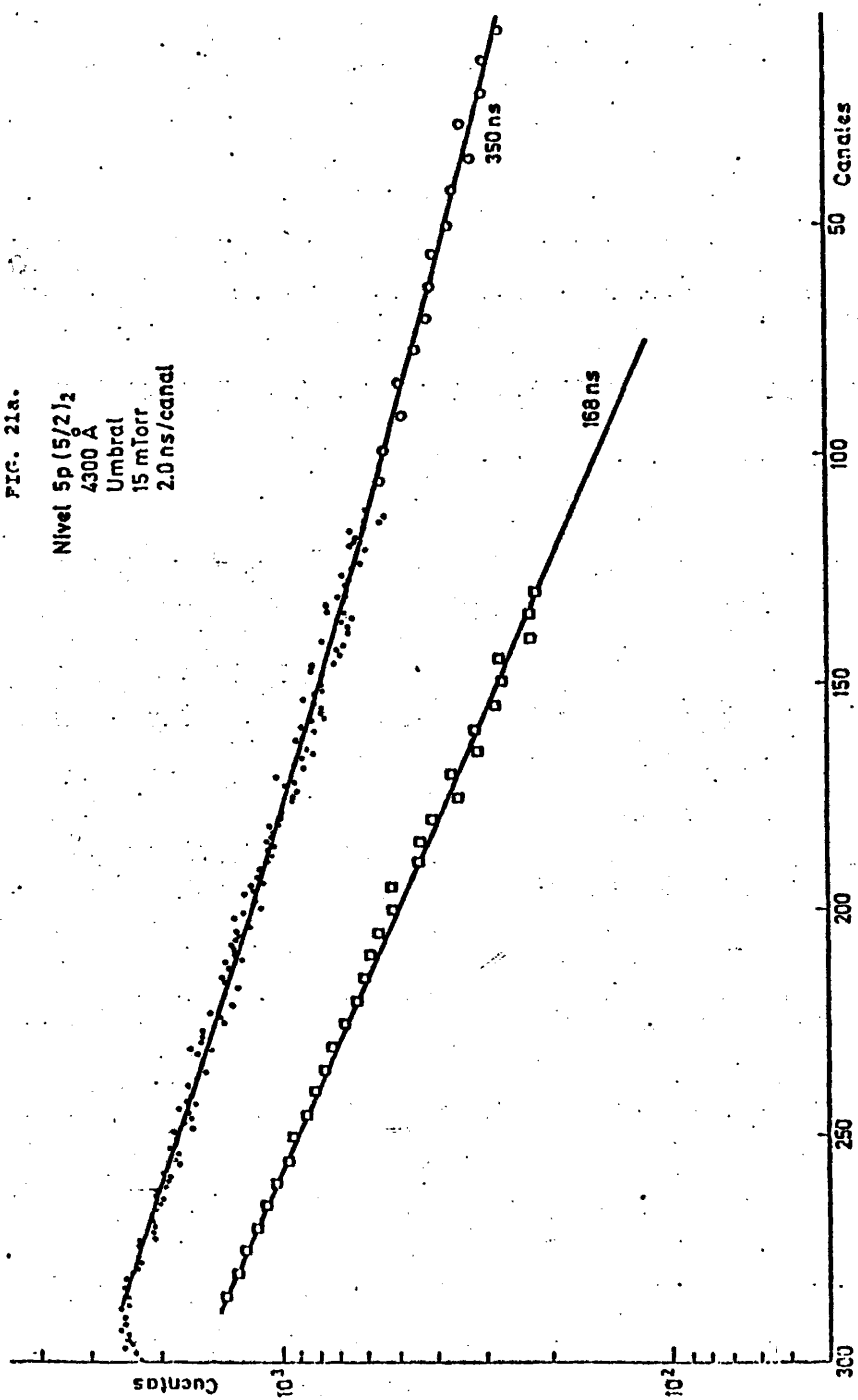
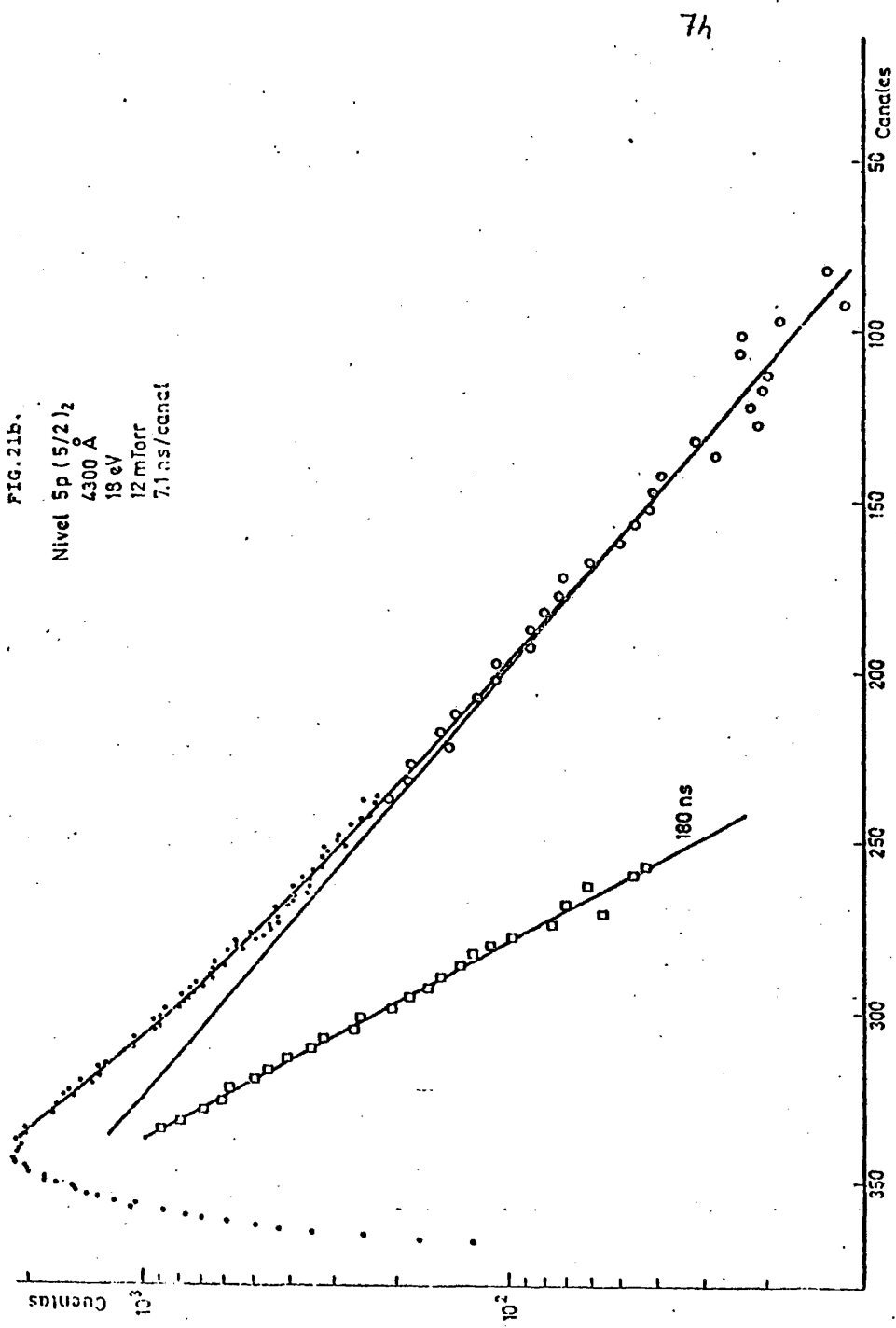


FIG. 21b.
Nivel 5p (5/2)₂
4300 Å
18 eV
12 mTorr
7.1 ns/canal



25% (130 ± 20 ns) y en un 35% que los de P. Erman y S. Huldt [25]. Con respecto a los cálculos teóricos, los valores obtenidos por Gruzdev y Loginov [32] considerando interacción de configuración son los más próximos (134 ns) al valor experimental.

En la Fig. 21a aparece un ejemplo de una curva experimental obtenida con el convertidor de 900 ns, a energías muy próximas al umbral de excitación y a 15 mtorr. En la Fig. 21b se muestra una de las curvas obtenidas con el convertidor de 3500 ns.

Nivel $5p|3/2|_1$

Se han realizado las suficientes medidas, para tener una buena precisión de la vida media, a través de la transición $4s|3/2|_1 - 5p|3/2|_1$ de 4272.2 \AA variando las condiciones de medida para la energía del haz electrónico desde 14 eV hasta 24 eV y la presión del gas desde 2 hasta 12 mtorr.

Las curvas experimentales se han ajustado con dos componentes exponenciales. La componente más larga de valor 362 ± 40 ns se considera debida a la desexcitación radiativa del nivel $4d|5/2|_2$ cuya vida media calculada en acomplamiento jk es de 348.2 ns. La probabilidad asignada en estos cálculos para esta transición es $0.1542 \pm 10^{-7} \text{ s}^{-1}$, siendo ésta la más probable de las que parten del nivel $4d|5/2|_2$.

La componente más rápida debida a la desexcitación del nivel en estudio tiene un valor de 172 ± 15 ns. El valor hallado, con un 9% de error, concuerda con las medidas realizadas por J.Z.Klose [36] (149 ± 8 ns) y Ya.F.Vorolainen y A.L.Osherovich [21] (190 ± 16 ns), dentro de los márgenes de error. Nuestro valor es un factor 1.9 mayor que el obtenido por P. Erman y S. Huldt [25] extrapolando a presión cero. Ninguna variación de la vida media con la presión ha sido observada en el estudio de este nivel, con lo que una extrapolación a presión nula no variaría el valor hallado. En la Fig. 22 se muestra una de las curvas de desexcitación obtenidas para este nivel.

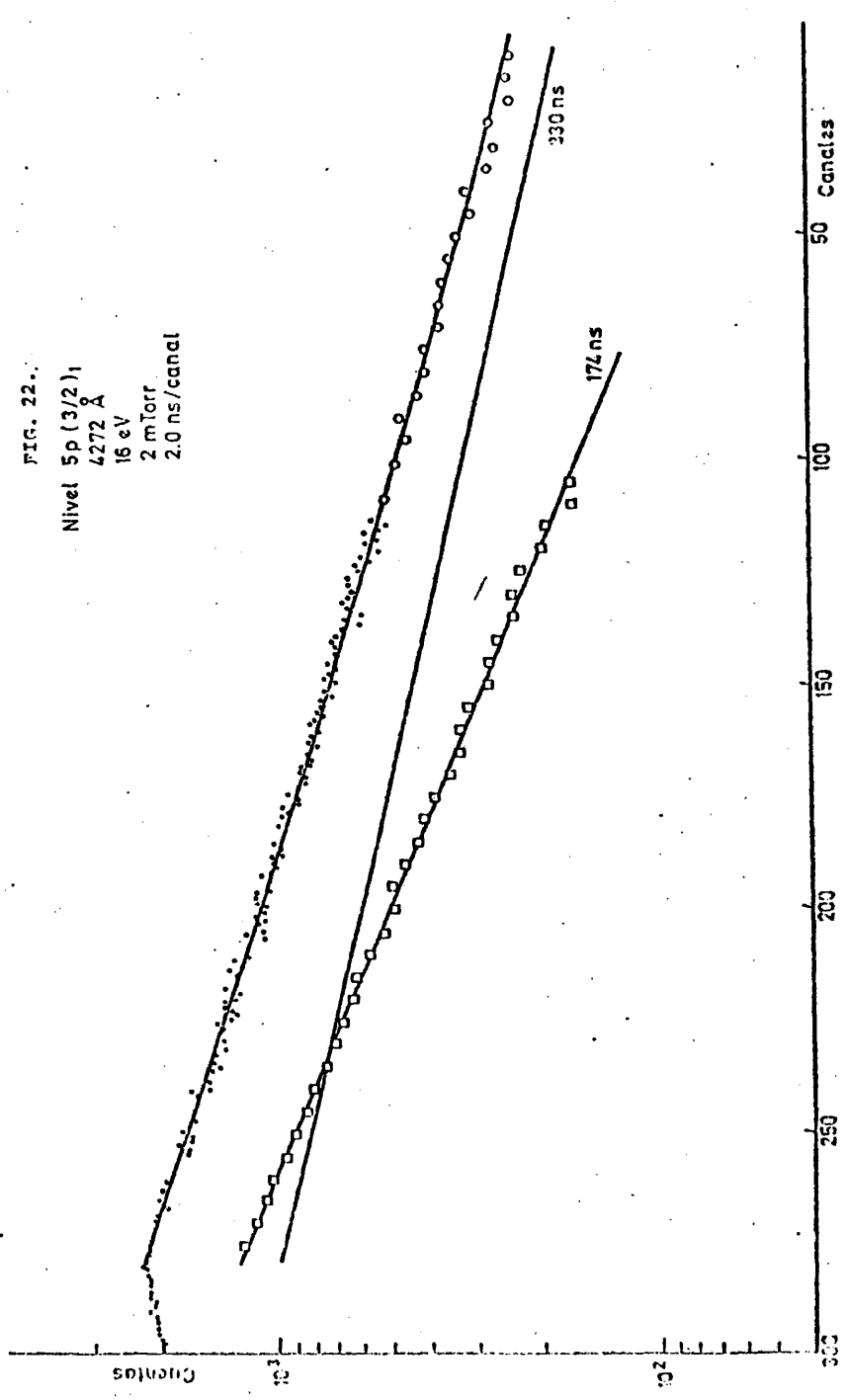


FIG. 22.
Nivel 5p (3/2)₁
4272 Å
16 eV
2 mTorr
2.0 ns/canal

Nivel $5p|3/2|_2$

El nivel $5p|3/2|_2$ ha sido medido a través de las dos transiciones siguientes:

Transición	λ_{aire}	I 17	I 18
$4s 3/2 _1 - 5p 3/2 _2$	4266.3	1200	20
$4s 3/2 _2 - 5p 3/2 _2$	4158.6	1200	24

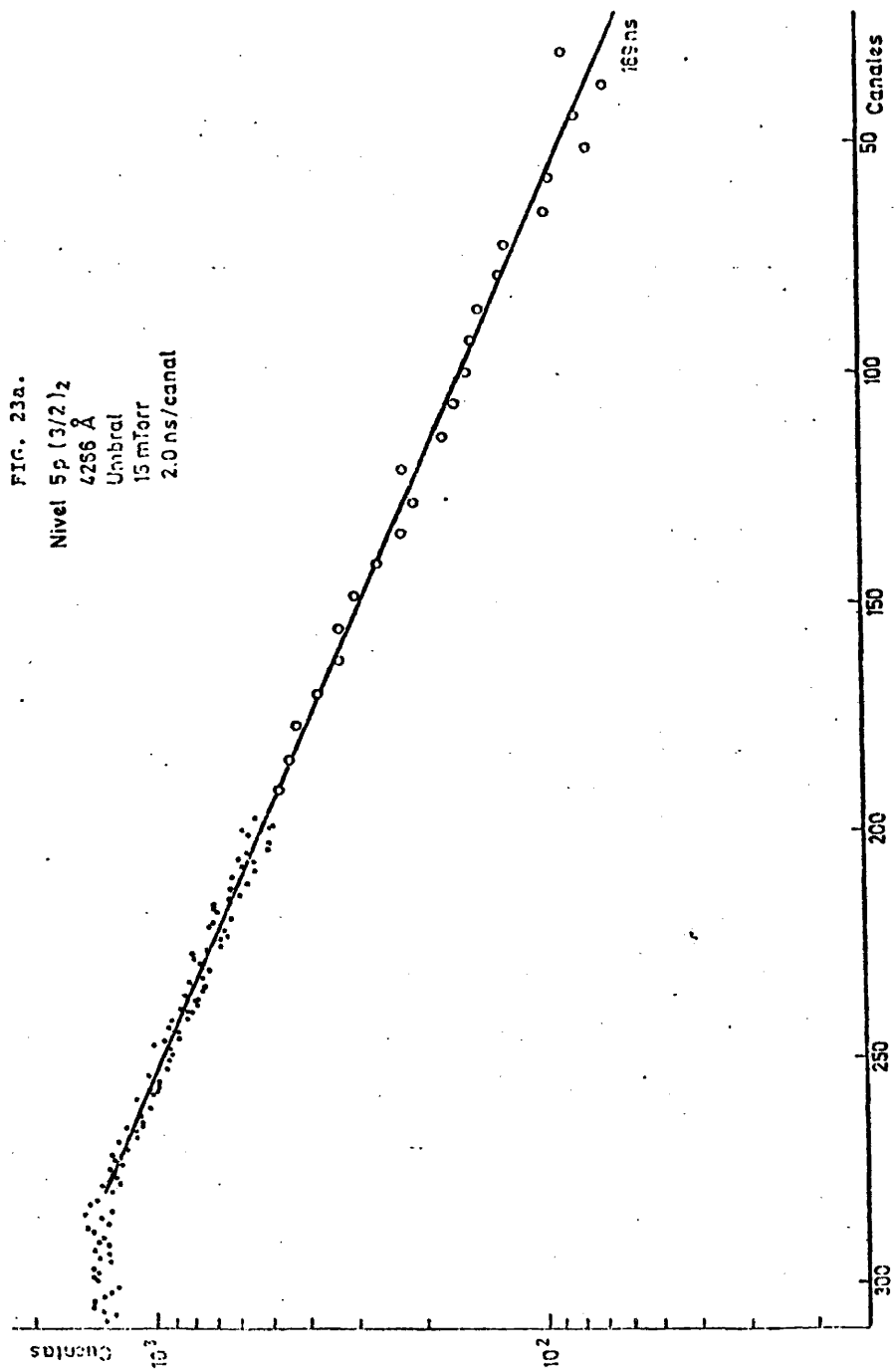
Se puede observar la diferencia de intensidades relativas dadas por las refs. 17 y 18 para estas líneas según los métodos de medida utilizados.

El estudio iterativo de la variación temporal de la población del nivel se ha realizado en gran número de veces, variando la energía de los electrones entre valores próximos al umbral de excitación y 40 eV y a su vez, la presión del gas entre 5 y 15 mtorr.

El análisis de las curvas experimentales realizado con dos componentes exponenciales demostraba que para energías de excitación altas la componente exponencial rápida alargaba su valor debido, probablemente, a la presencia de cascadas intensas. Esto nos llevó a concentrar nuestra atención en el estudio temporal realizado a energías próximas al umbral. El mínimo de energía estaba limitado por la obtención de una relación señal-ruido adecuada. Debido a ello, las presiones no se pudieron bajar de 5 mtorr sin embargo, en el rango de presiones utilizado no se ha observado variación de la vida media con la presión.

Para las energías más bajas desaparecía la componente de cascada y la curva experimental se analizaba con una sola exponencial (ver Fig. 23a).

En cualquier caso, debido a la utilidad que en muchos ca-



Los presenta la componente de cascada, la hemos estudiado, considerando debida a la desexcitación del nivel $4d|s/2|_3$ que tiene un valor teórico de la vida media de 334.5 ns .

El valor asignado por nosotros a esta componente es de 351 ± 30 ns que está en perfecto acuerdo, dentro del error experimental con el valor teórico encontrado para este nivel.

En las Figs. 23b y 23c se muestran dos ejemplos de las curvas de desexcitación obtenidas para los dos rangos de tiempos del convertidor tiempo amplitud.

Estas curvas se han analizado con dos exponenciales.

El valor asignado a la componente rápida es de 176 ± 10 ns que está de acuerdo, dentro de los márgenes de error, con el resultado de Ya.F.Verolainen y A.L.Osherovich [21] (200 ± 16 ns) y difiere en un 34% de los de J.Z.Klose [36] (124 ± 13 ns) y P.Erman et al. [25] (125 ± 10 ns) .

Nivel $5p|1/2|_0$

Se ha medido a través de la transición $4s'|1/2|_1 - 5p|1/2|_0$ de 4510.7 \AA de longitud de onda.

Las condiciones de medida se han variado de la manera siguiente:

energía de excitación : de 14 eV a 26 eV

presión del gas : de 3 a 20 mtorr

El análisis de las curvas experimentales se ha realizado con dos componentes exponenciales. La componente más larga de valor 199 ± 40 ns se asigna a la desexcitación del nivel $4d|3/2|_1$ poblador del nivel en estudio, que tiene un valor de la vida media en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro , de 233.8 ns considerando atrape resonante total.

FIG. 23b.

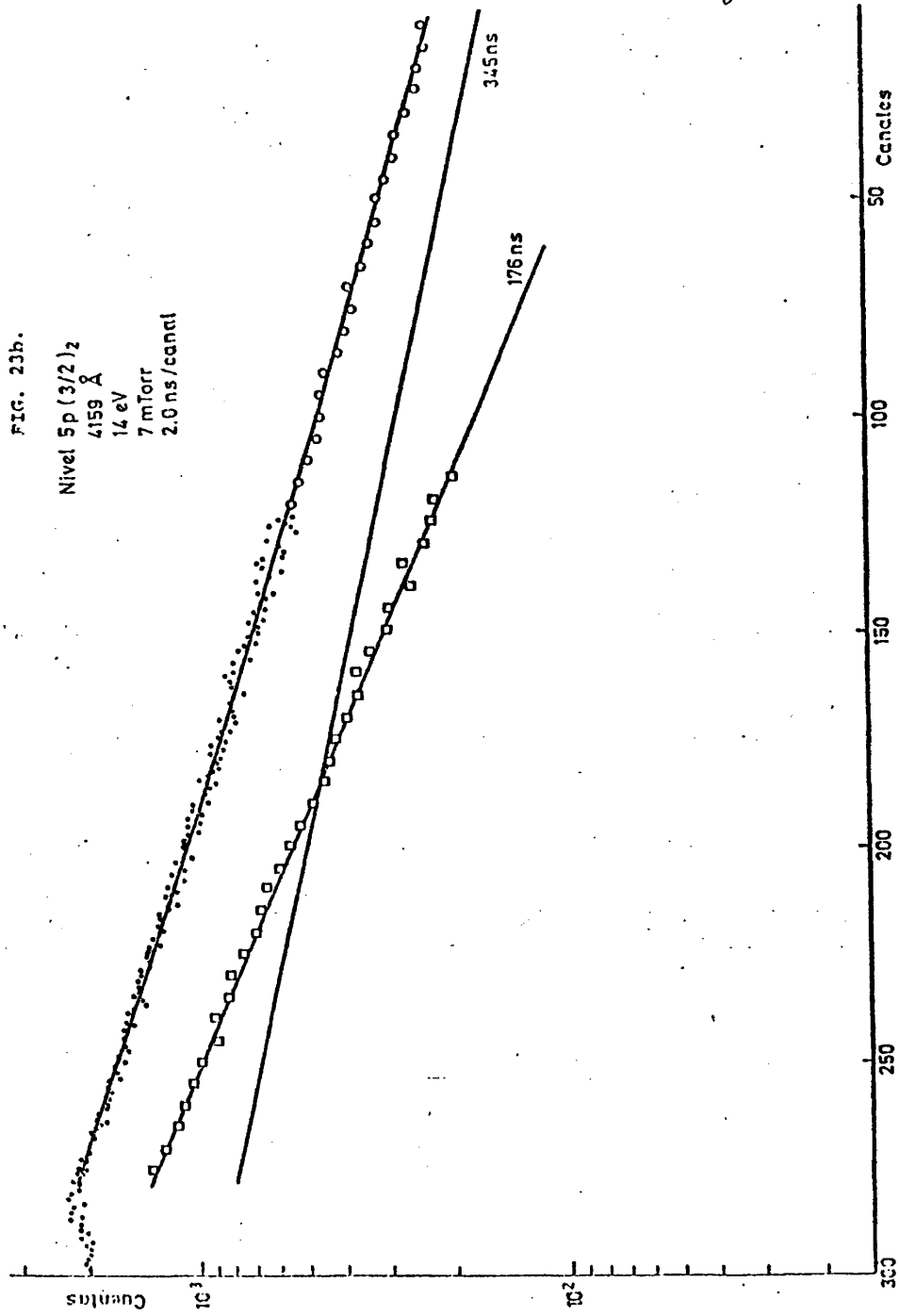
Nivel 5p (3/2)₂

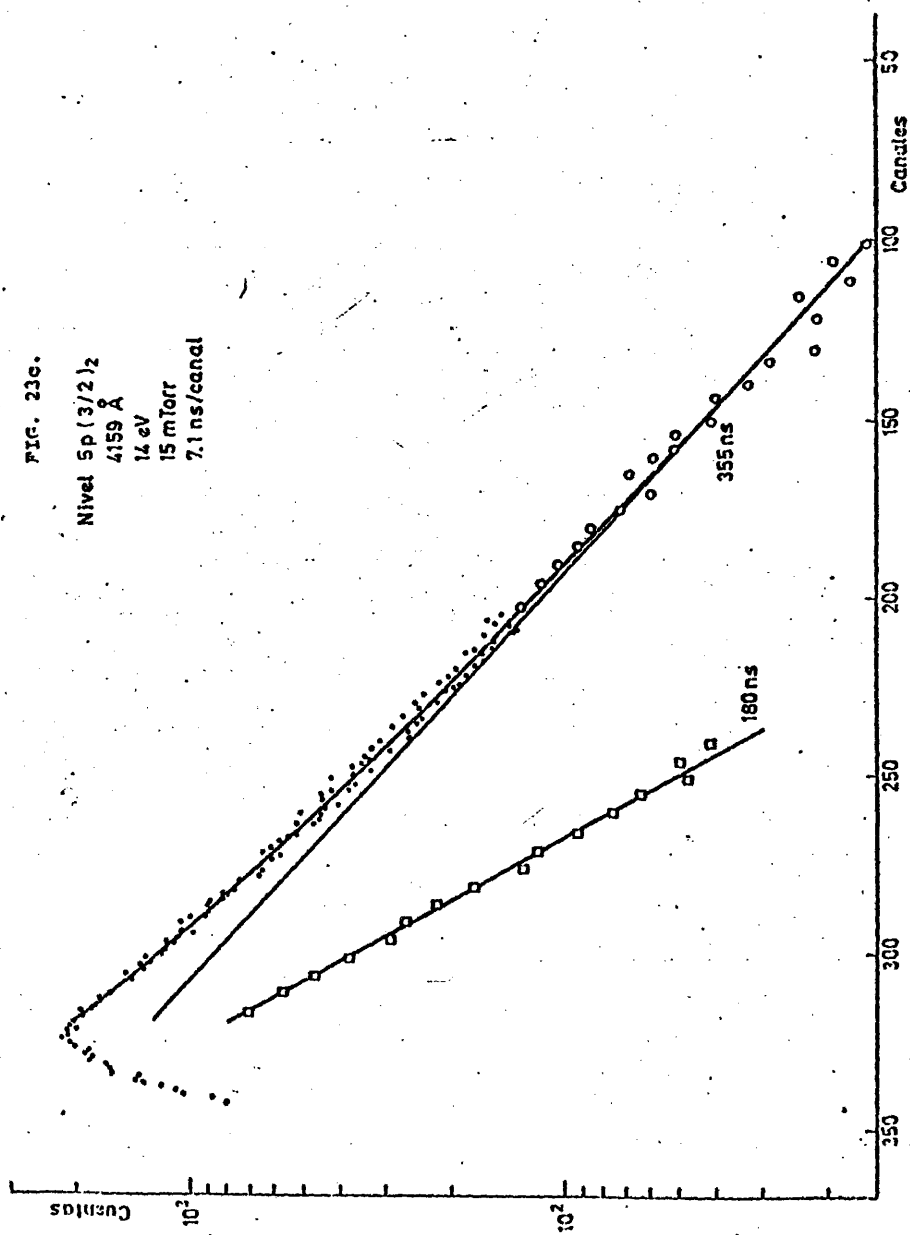
4159 Å

14 eV

7 mTorr

2.0 ns/canal





La componente más rápida tiene un valor de 91.5 ± 5.5 ns valor que nos da la vida media del nivel $5p|1/2|_0$. El valor así hallado y dentro de los márgenes de error, en este caso de un 6%, concuerda con todos los valores experimentales encontrados en la literatura: J.Z.Klose [36] (92 ± 5 ns), P.Erman et al. [25] (90 ± 5 ns) y con los cálculos teóricos realizados en acoplamiento intermedio por M.Aymar et al. [31] (93 ns) y R.A.Lilly [30] (95 ns).

En la Fig. 24 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas con el convertidor de 900 ns y en las condiciones experimentales especificadas en la figura.

Nivel $5p'|3/2|_2$

El estudio de este nivel se ha realizado a partir de dos líneas:

Transición	λ_{aire}	I [17]	I [18]
$4s' 1/2 _1 - 5p' 3/2 _2$	4333.6	1000	20
$4s 3/2 _1 - 5p' 3/2 _2$	4044.4	1200	18

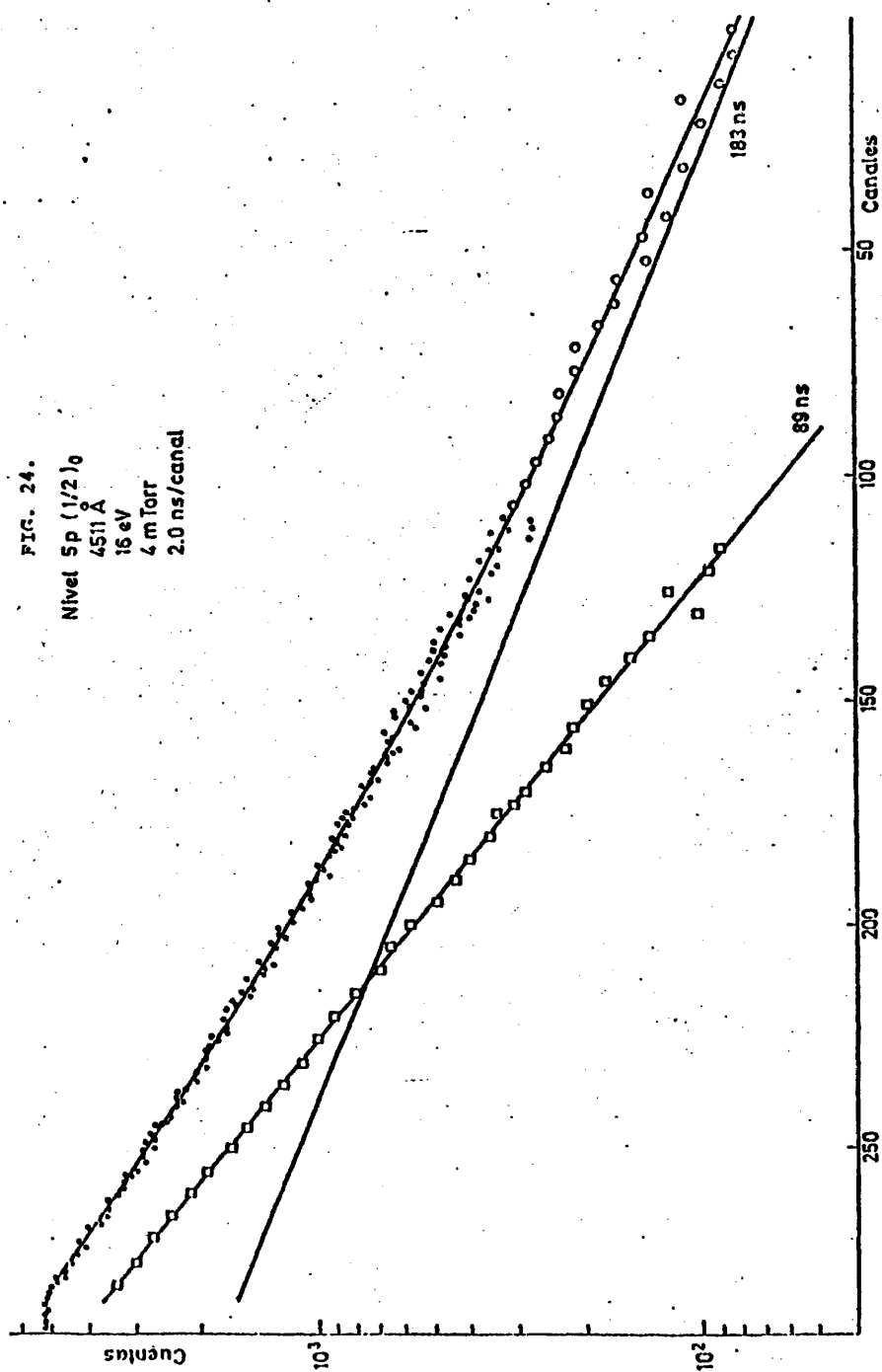
Para el estudio de ambas líneas se ha utilizado la red de difracción en *Low Blaze* y las rendijas de 50 micras.

La gran intensidad de estas líneas nos ha permitido obtener, en estas condiciones, una relación señal-ruido adecuada y variar la energía de excitación desde el umbral de excitación del nivel (14.7 eV) hasta 23 eV. Se ha trabajado con presión del gas entre 10 y 30 mtorr.

El análisis de las curvas experimentales se ha realizado con dos componentes exponenciales. La componente más larga toma valores alrededor de 380 ns. Esta componente no se ha podido asignar a ningún nivel en concreto pues el candidato más pro-

FIG. 24.

Nivel Sp (1/2) 0
4511 Å
16 eV
4 m Torr
2.0 ns/canal



bable, el nivel $4d'|5/2|_3$, tiene un valor teórico de la vida media de 268 ns. Era también muy probable el nivel $5d'|5/2|_3$, pero, ni el valor teórico de su vida media, 275 ns, ni el valor experimental, 247 ± 7 ns, eran aceptables.

La componente más rápida asignada al nivel en estudio presenta un valor de unos 210 ± 5 ns para ambas transiciones y con los dos rangos del convertidor tiempo-amplitud (ver Fig. 25a). Sin embargo en condiciones muy próximas al umbral (se observaba por una caída notoria de la intensidad de la línea) los valores de esta componente descendían considerablemente. De modo tal que se ha asignado un valor de la vida media de 181 ± 8 ns. Este resultado está de acuerdo con el único resultado experimental existente en la literatura de 174 ± 13 ns dado por Verolainen y Osherovich. Los resultados teóricos son inferiores en un factor que oscila entre 1.4 para nuestros cálculos y 1.6 para los cálculos realizados por R.A.Lilly [30] en IC.

En la Fig. 25b se muestra una curva experimental obtenida en el umbral de excitación. Observar la variación del valor encontrado para la componente rápida comparada con la Fig. 25a.

Nivel $5p'|3/2|_1$

El estudio de este nivel se ha realizado a través de la línea de 4345.2 \AA . Las condiciones de medida se han variado desde el umbral de excitación del nivel (14.66 eV) hasta 5 eV por encima del mismo. No se ha considerado oportuno trabajar a energías superiores por la proximidad de la línea de 4348 \AA del Ar ionizado. La presión del gas se ha mantenido entre 8 y 20 mtorr.

El análisis de las curvas experimentales se ha realizado con dos componentes exponenciales.

La componente más larga de valor 295 ± 25 ns se considera debida a la desexcitación del nivel superior $4d'|5/2|_2$ cuya vi

FIG. 25a.

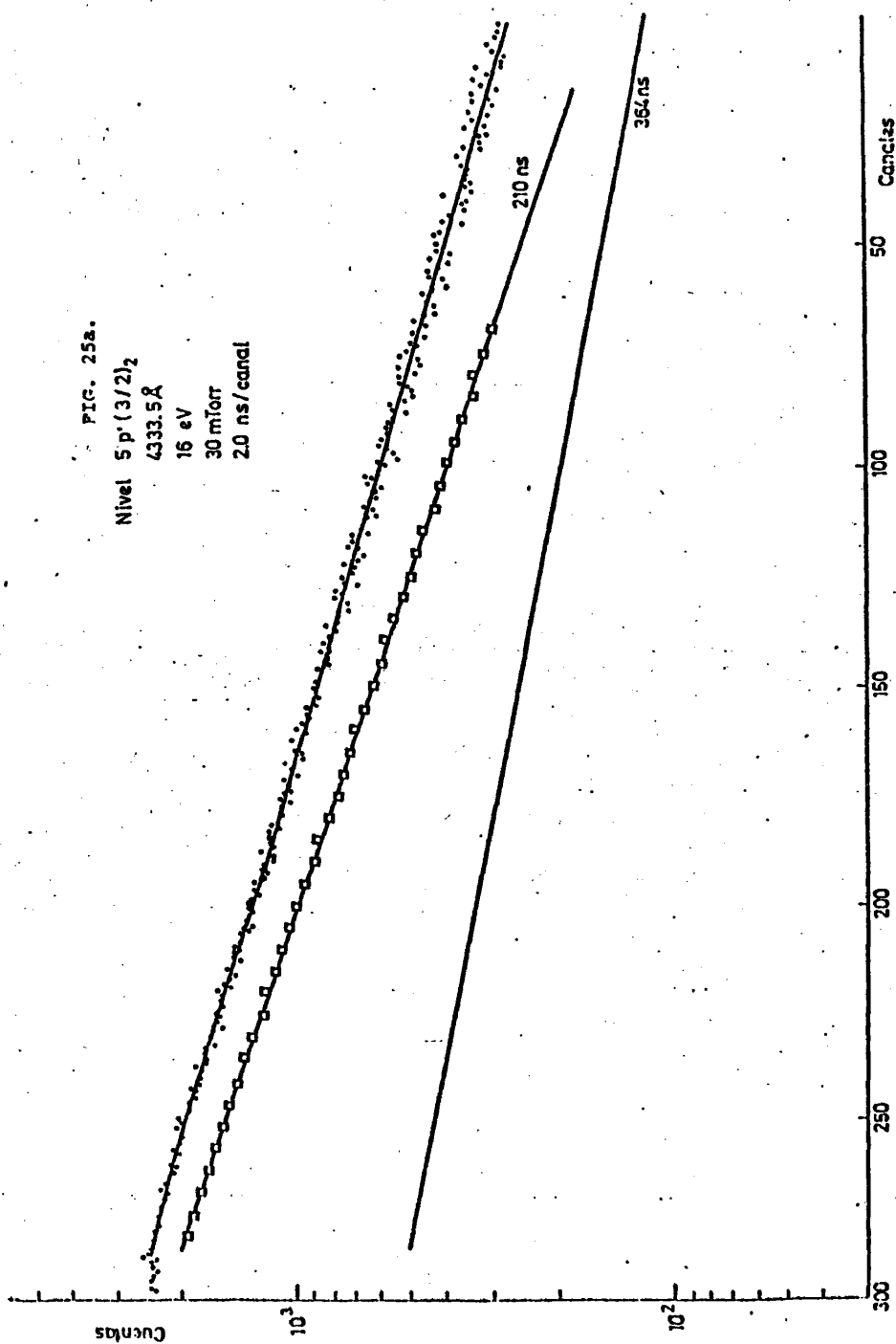
Nivel $5p'(3/2)_2$

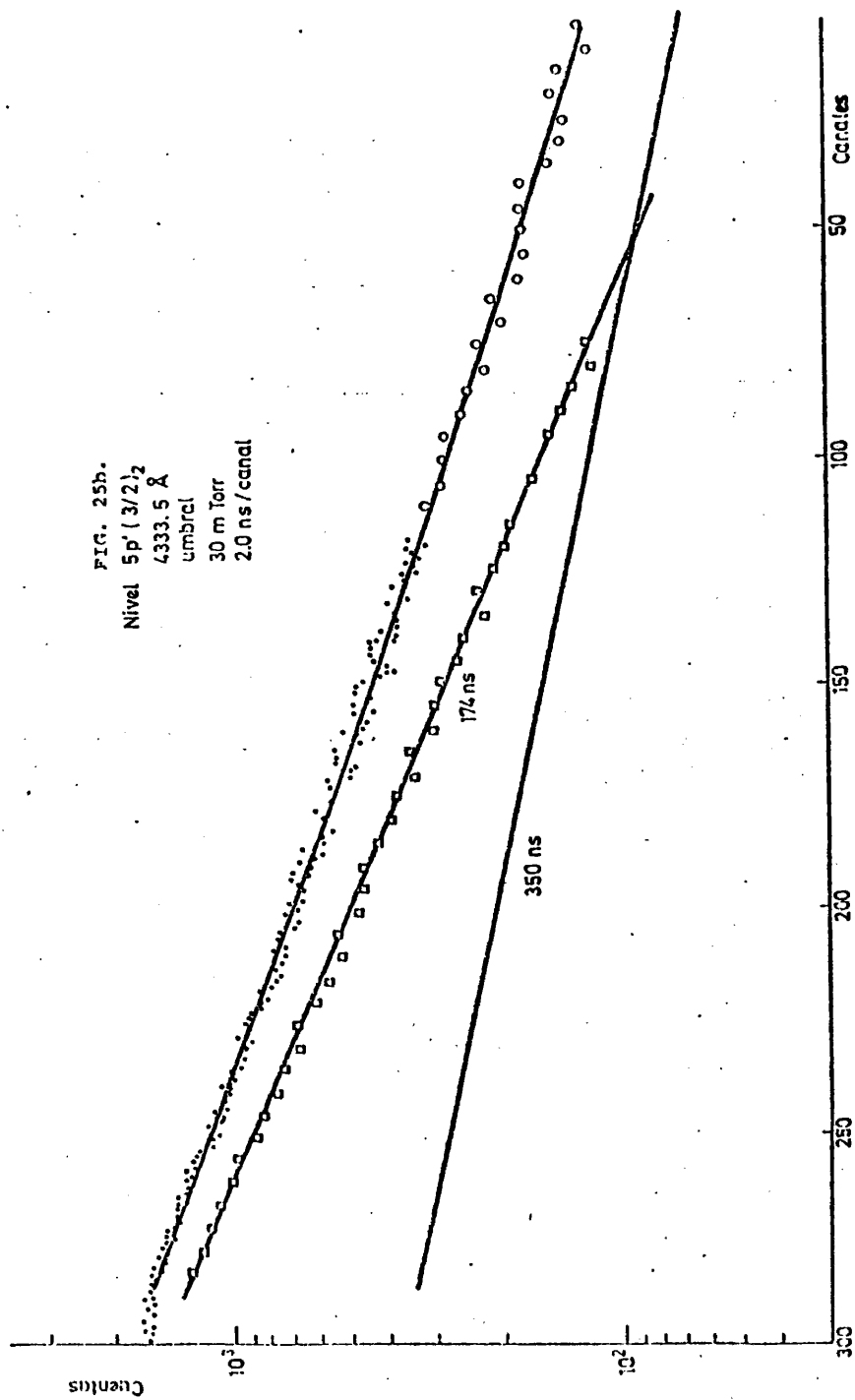
4333.5 Å

16 eV

30 mTorr

2.0 ns/canal





da media teórica es de 275.0 ns y la probabilidad de transición al nivel en estudio es de $1.981 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. La componente más rápida, debida a la desexcitación del nivel en estudio tiene un valor de $175 \pm 13 \text{ ns}$ acorde con el resultado de P. Erman y S. Huldt [25] de $150 \pm 15 \text{ ns}$. El resultado obtenido por M. Chenevier y G. Gouillet [38] es un factor 2.2 inferior al nuestro. En la Fig. 26 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas al estudiar la vida media de este nivel.

Nivel $5p' |1/2|_1$

El estudio temporal de este nivel se ha realizado a través de la transición $4s' |1/2|_0 - 5p' |1/2|_1$ de 4181.2 Å de longitud de onda que es la más intensa de las que parten de este nivel según las tablas de intensidades de Striganov y Sventitskii [17].

La energía de excitación del haz electrónico se ha variado desde el umbral de excitación (14.7 eV) hasta 21 eV y las presiones de 10 a 15 mtorr. El análisis de las curvas experimentales se ha realizado con tres componentes. La más larga toma valores entre 290 y 570 ns, representa pues, la contribución, no sólo del poblador más probable $4d' |3/2|_2$ ($\tau = 223 \pm 13 \text{ ns}$), sino también la contribución de otros niveles y de un fondo no de terminado con mucha exactitud.

La componente intermedia cuyo valor disminuye con la energía de excitación tiene un valor de $170 \pm 15 \text{ ns}$, valor que determina la vida media del nivel en estudio.

Este valor concuerda dentro del error experimental con el encontrado por P. Erman y S. Huldt [25] de $150 \pm 10 \text{ ns}$ por el método de deflexión a alta frecuencia.

Las curvas experimentales presentaban además una componente negativa de valor $75 \pm 15 \text{ ns}$ asignada a la desexcitación de los niveles

FIG. 26.

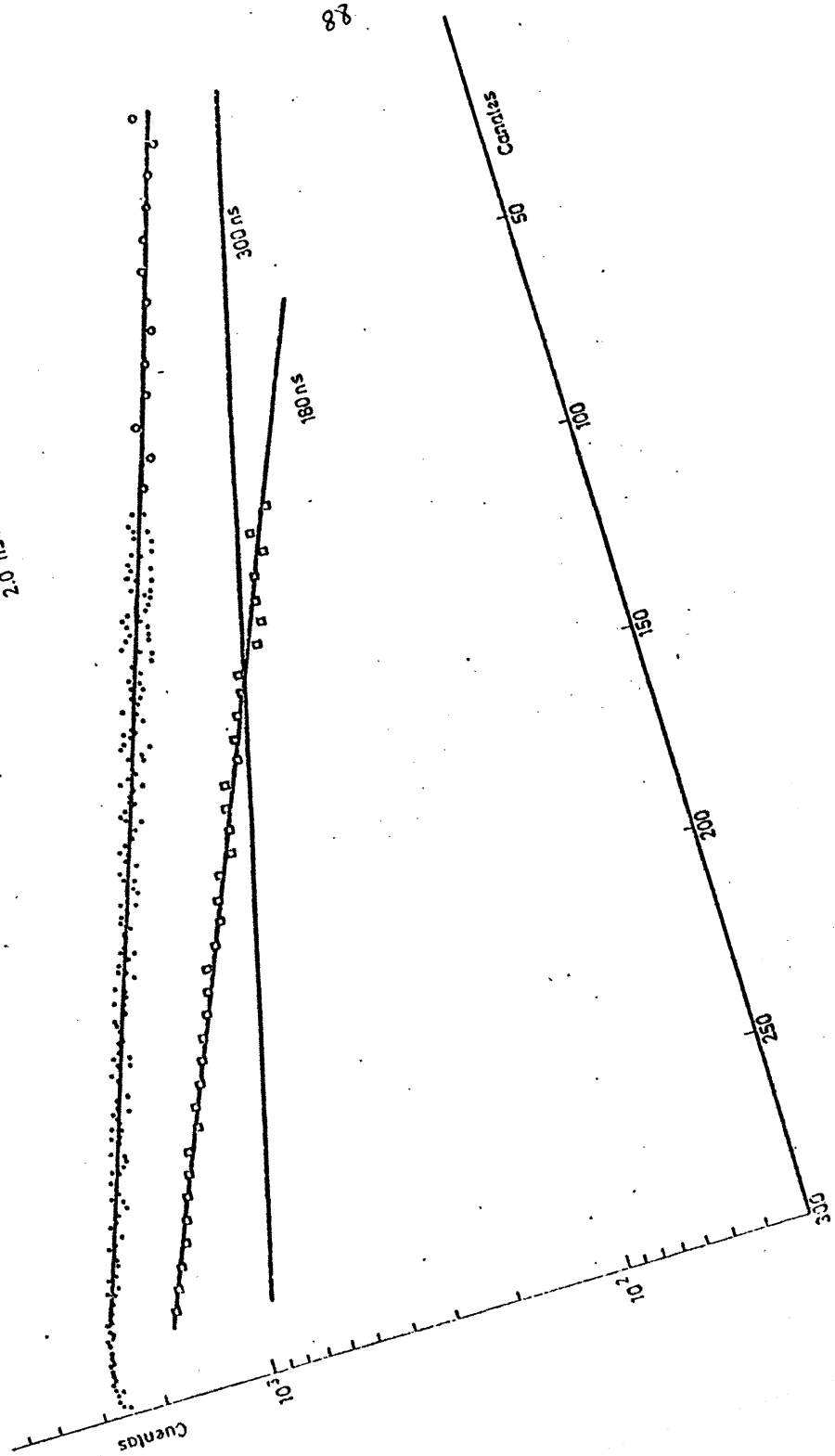
Nivel Sp (3/2)₁

13.5 Å

15 eV

10 m Torr

2.0 ns/canal



$$6s' | 1/2 |_0 \quad \tau = 94.8 \text{ ns}$$

$$6s' | 1/2 |_1 \quad \tau = 89.7 \text{ ns} \quad (\text{en atrape resonante total})$$

En la Fig. 27 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas para este nivel con el convertidor tiempo amplitud de 900 ns .

Nivel $5p' | 1/2 |_0$

La transición $4s' | 1/2 |_1 - 5p' | 1/2 |_0$ de 4259.4 \AA ha sido utilizada para medir la vida media de este nivel.

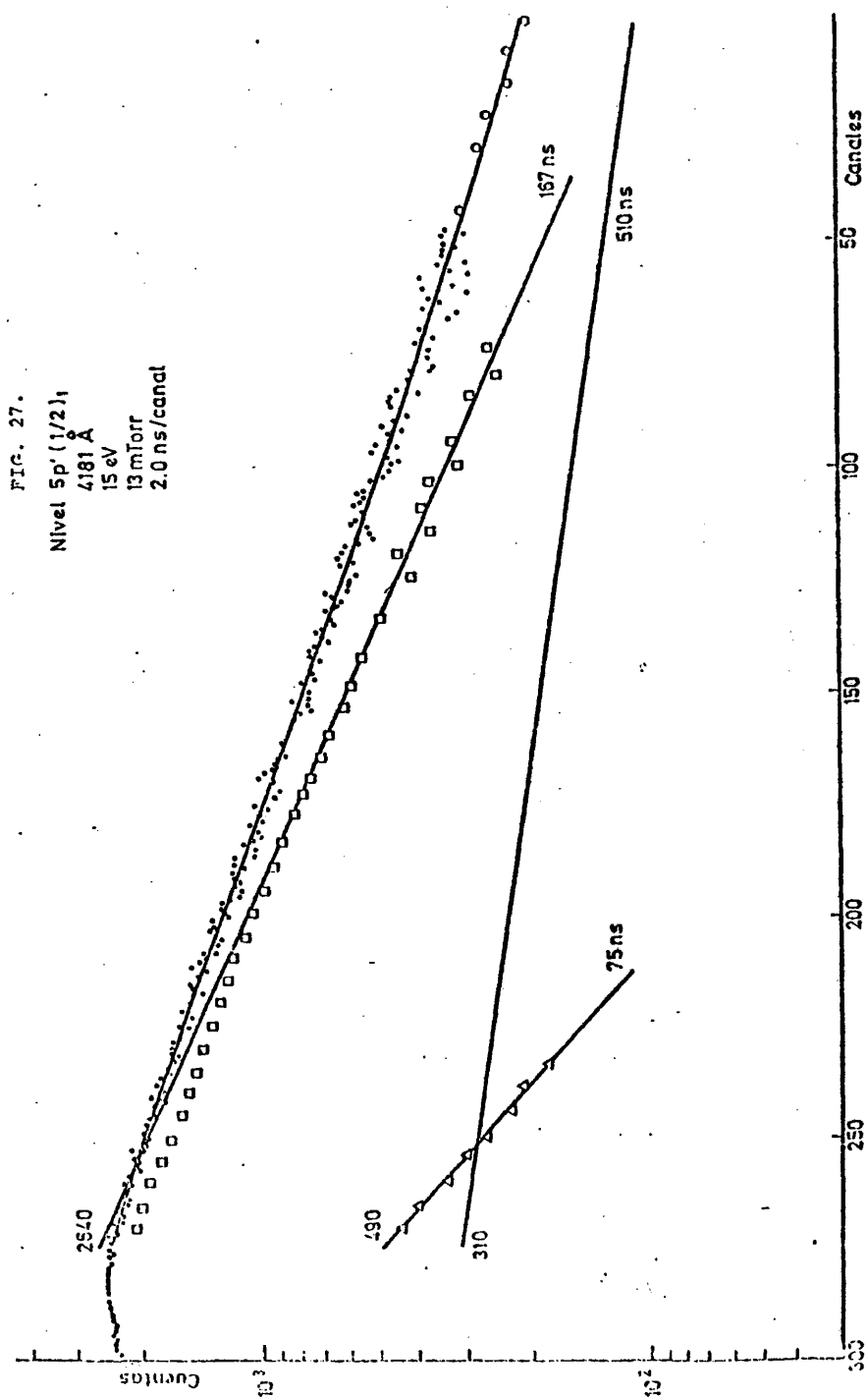
Las condiciones de media se han variado desde el umbral de excitación hasta 49 eV y la presión de 1 a 8 mtorr .

Las curvas experimentales se han ajustado por dos exponenciales. La componente más larga asignable al nivel $4d' | 3/2 |_1$ presenta una pendiente que varía con la presión como era de esperar por ser éste un nivel resonante. De modo tal que a 34 eV y 1 mtorr la curva obtenida se ajusta por una sola exponencial cuya pendiente da un valor de vida media de 64 ns que no se puede atribuir a la componente rápida debido a que los valores teóricos de la vida media de este nivel oscilan entre 28.4 y 331.7 ns en atrape resonante total.

En el resto de los casos la componente rápida se ha ajustado con un valor de $81 \pm 6 \text{ ns}$ para todas los valores utilizados de energía de excitación y presión del gas.

Es de notar que mientras los valores de la componente más larga varían en un factor 2.9 según las presiones, la componente rápida se ajusta con valores dentro del margen dado, que supone una dispersión de un 7 % .

El valor asignado a este nivel está de acuerdo dentro del error experimental con los dados por J.Z.Klose ($71 \pm 4 \text{ ns}$) [36] y



B.Zurro (78 ± 10 ns) [39]. Es inferior en un 26% al dado por Ya. F.Verolainen y A.L.Osherovich [21] (106 ± 5 ns), y superior en un 22% al dado por P. Erman y S.Huldt [25] (65 ± 5 ns). Nuestro resultado está en perfecto acuerdo con los cálculos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro; es inferior en un 16% a los cálculos realizados en acoplamiento intermedio (refs. 30 y 31) y superior en un 26% a los cálculos realizados en IC considerando interacción de configuración por P.F.Gruzdev y A.V.Loginov [32].

En la Fig. 28 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas para este nivel.

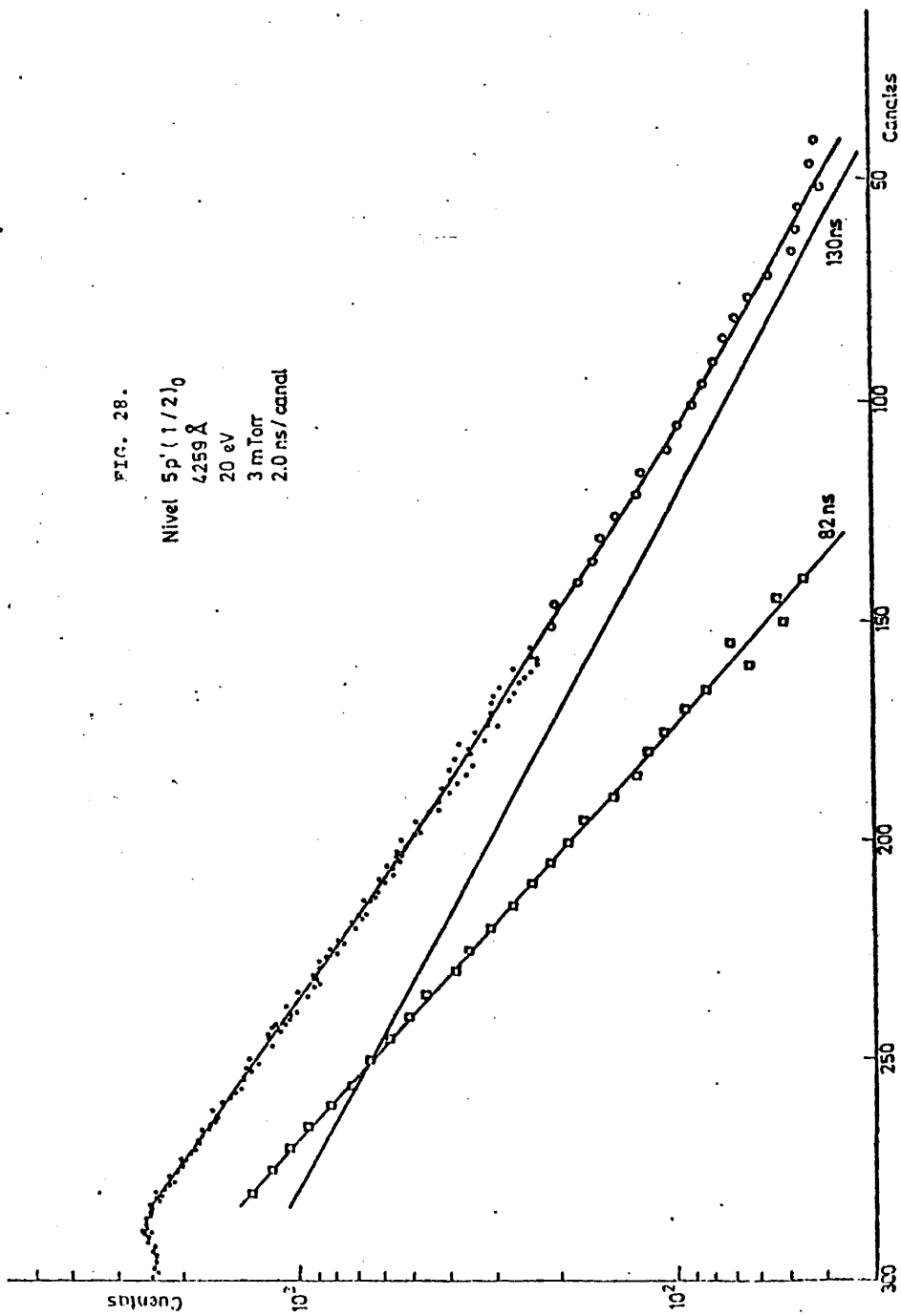
I.3.3.- Configuración $3p^5 6p$

Se han medido tres niveles de esta configuración, cuyas energías experimentales aparecen en la tabla siguiente:

<u>Notación Racah</u>	<u>Notación Paschen</u>	<u>Energías exp. [12] (cm^{-1})</u>
$6p 1/2 _1$	$4p_{10}$	121068.804
$6p 1/2 _0$	$4p_5$	121470.304
$6p' 1/2 _0$	$4p_1$	122790.612

Las vidas medias de estos niveles se han estudiado a través de cuatro transiciones con longitudes de onda comprendidas en 3606 y 3835 Å utilizando para seleccionar las líneas el monocromador Jarrel-Ash de 0.25 m con la red de difracción *Low Blaze*, preparado (Blaze) para tener mayor eficiencia a longitudes de onda entre 3000 y 4000 Å.

Las medidas se han realizado variando la presión del gas desde 3 a 20 mtorr y la energía desde valores próximos al umbral de excitación (15 eV) hasta 50 eV. No se ha observado ninguna variación apreciable de la vida media con la presión dentro



del rango de presiones utilizado.

Hemos de hacer notar, que la baja relación señal-ruido (debido a disminución de eficiencia del sistema en esta zona) no nos ha permitido trabajar a condiciones umbrales y presiones bajas simultáneamente. Por otra parte, al estudiar la línea 3770.4 \AA del Ar I se ha observado que para energías superiores a 26 eV aparece una componente rápida debida a la mezcla de ésta con la línea de 3770.5 \AA del Ar II. Algo semejante ocurría al estudiar la línea de 3649.8 \AA del Ar I, para energías superiores a 40 eV las curvas experimentales presentaban una componente rápida debida a la mezcla en el monocromador con la línea de 3650 \AA del Ar II.

Las curvas experimentales obtenidas se han ajustado en todos los casos con una sola componente exponencial que nos da directamente la vida media del nivel en estudio con una dispersión entre 4 y 5% . Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

Se puede observar, que para los niveles $6p|1/2|_1$ y $6p'|1/2|_0$ nuestros resultados experimentales son los primeros existentes en la literatura. El único resultado anterior dado por B. Zurro [39] para el nivel $6p|1/2|_0$ está en buen acuerdo dentro del error experimental con el encontrado por nosotros. Para los otros dos niveles $6p|1/2|_1$ y $6p'|1/2|_0$, el acuerdo entre los cálculos teóricos, realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk , y los resultados obtenidos es muy bueno. Hemos de tener en cuenta, por otra parte, que las condiciones teóricas de este acoplamiento (core compacto, electrón óptico que interacciona débilmente) se cumplen mejor para los niveles más excitados.

En la última columna de la tabla 6 aparecen cálculos teóricos de la ref. 32 realizados utilizando las integrales radiales con funciones de onda de Hartree-Fock en las aproximaciones de longitud y velocidad del dipolo y usando para la parte angular acoplamiento intermedio (se presentan como τ_r , τ_v respectivamen-

Tabla 6 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 6p$.

NIVEL	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES		VALORES			TEORICOS	
		Este Trabajo	Ref.39	(JK)	λ_r	λ_{rv}	λ_{sc}	λ_{MC}
$6p(1/2)_0$	3834 3607	171 \pm 9	175 \pm 5	151.2	244	291	343	91
$6p(1/2)_1$	3770	324 \pm 14		325.4	202	252	311	326
$6p^*(1/2)_0$	3650	190 \pm 10		197.1	228	374	326	91

te). También han calculado la media geométrica de las dos anteriores (τ_{rv}). En τ_{MC} se contempla la posibilidad de interacción de configuraciones $3p^5 6p + 3p^5 4f$. Estos cálculos difieren excesivamente entre sí como para ser fiables. Las discrepancias son menores para el nivel $6p|1/2|_1$ para el cual los cálculos realizados considerando interacción de configuración y nuestro resultado experimental están en perfecto acuerdo.

En las Figs. 29, 30 y 31 se muestran ejemplos de las curvas experimentales obtenidas para estos niveles.

I.3.4.- Configuraciones $3p^5 ns$ ($n = 6, 7, 8, 9$)

Se han medido los niveles $ns|3/2|_2$ de estas configuraciones. Las energías experimentales de la referencia 12 y la nomenclatura asignada aparece en la tabla siguiente:

Notación Racah (jk)	Notación Paschen	Energías exp. (cm^{-1})
$6s 3/2 _2$	$3s_5$	119683.113
$7s 3/2 _2$	$4s_5$	122440.109
$8s 3/2 _2$	$5s_5$	123903.295
$9s 3/2 _2$	$6s_5$	124771.67

Las vidas medias de estos niveles se han estudiado a través de cuatro transiciones, a niveles $4p|5/2|_3$ (7030.2 \AA , 5421.3 \AA), $4p|3/2|_2$ (5394.0 \AA) y $4p|1/2|_1$ (5451.6 \AA).

La vida media del nivel $6s|3/2|_2$ se ha medido a través de la línea de 7030.2 \AA . Variando la energía de excitación desde valores próximos al umbral hasta 40 eV y la presión del gas de 9 a 30 mtorr . Para valores superiores a 40 eV aparecía una componente rapidísima de 9 ns (ver Fig. 32a) atribuible a la línea en segundo orden del Ar II de 3514.39 \AA correspondiente a la transición $4p^4 P^0_{3/2} - 4d^4 D_{5/2}$. Para comprobar que era

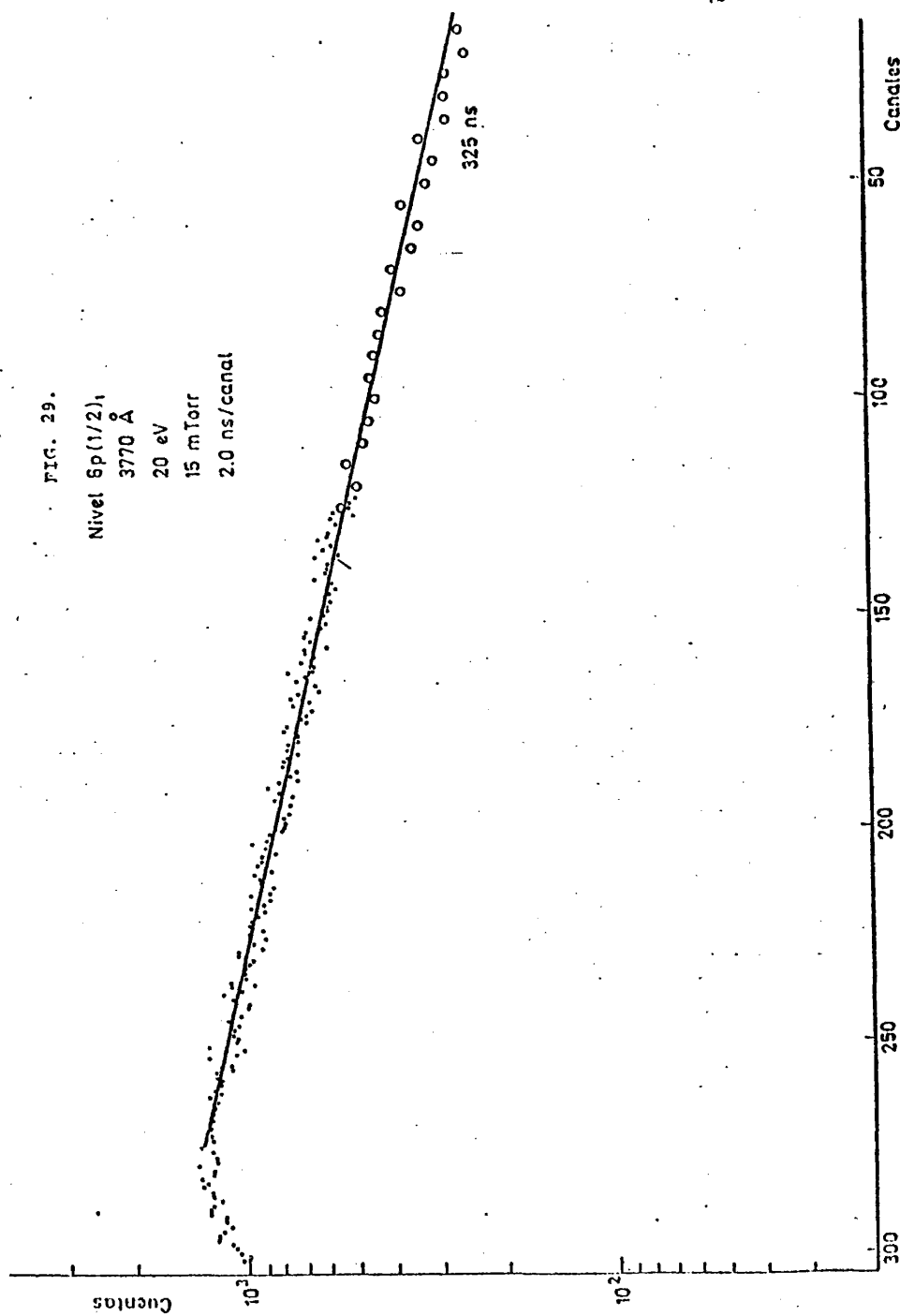


FIG. 29.

Nivel $6p(1/2)_1$
 3770 \AA
 20 eV
 15 mTorr
 2.0 ns/canal

FIG. 30a.

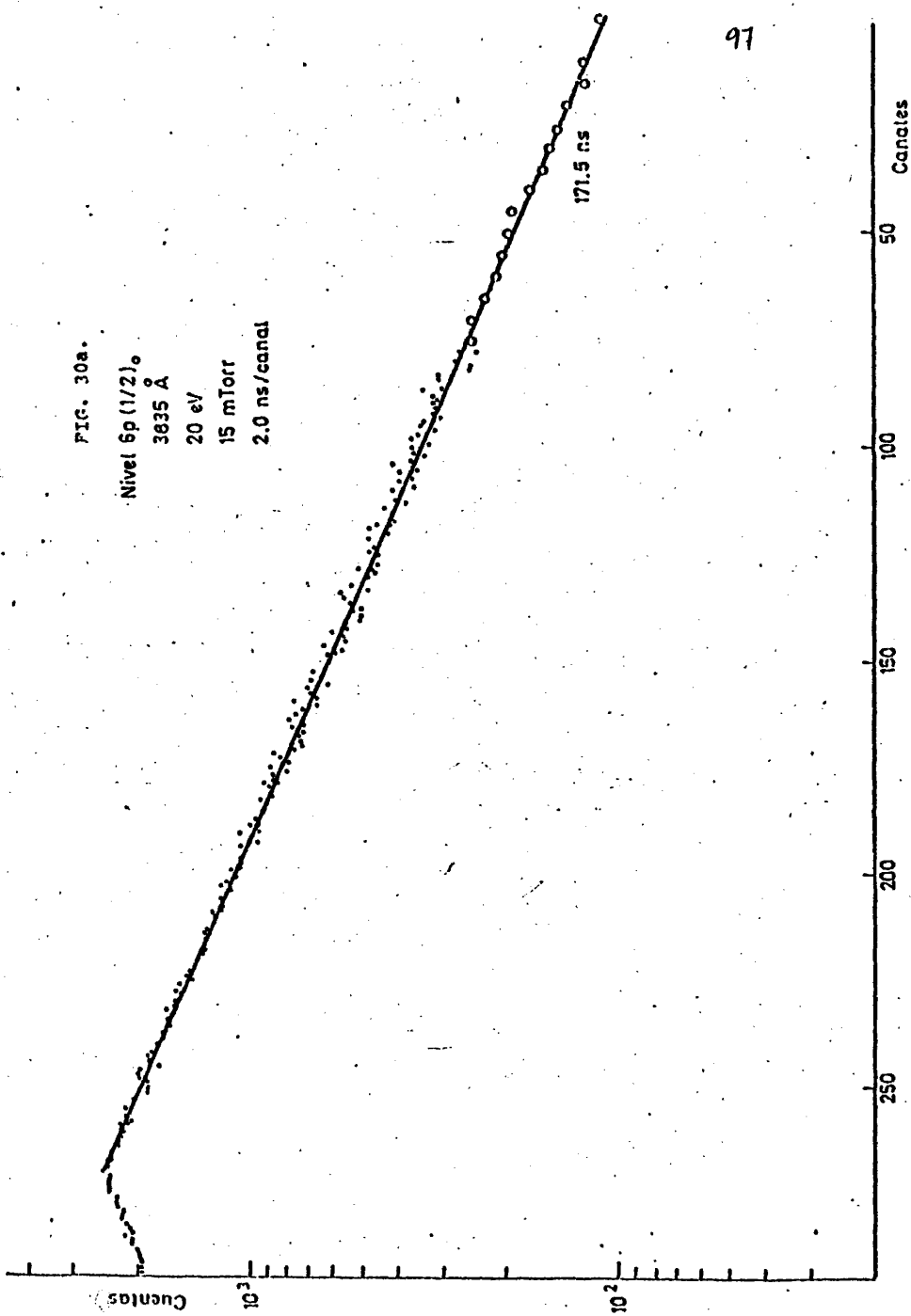
Nivel 6p (1/2)_o

3835 Å

20 eV

15 mTorr

2.0 ns/canal



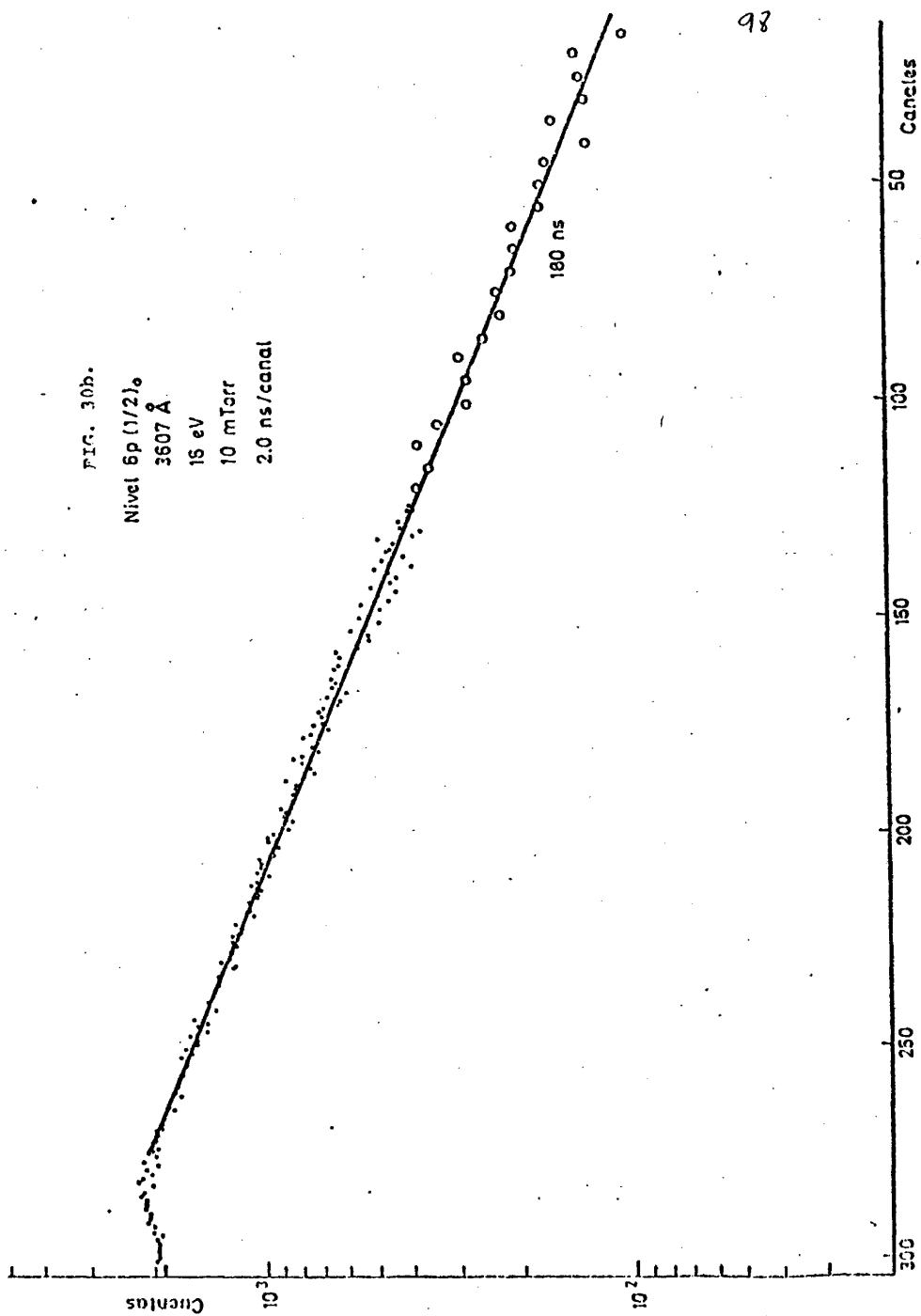


FIG. 31

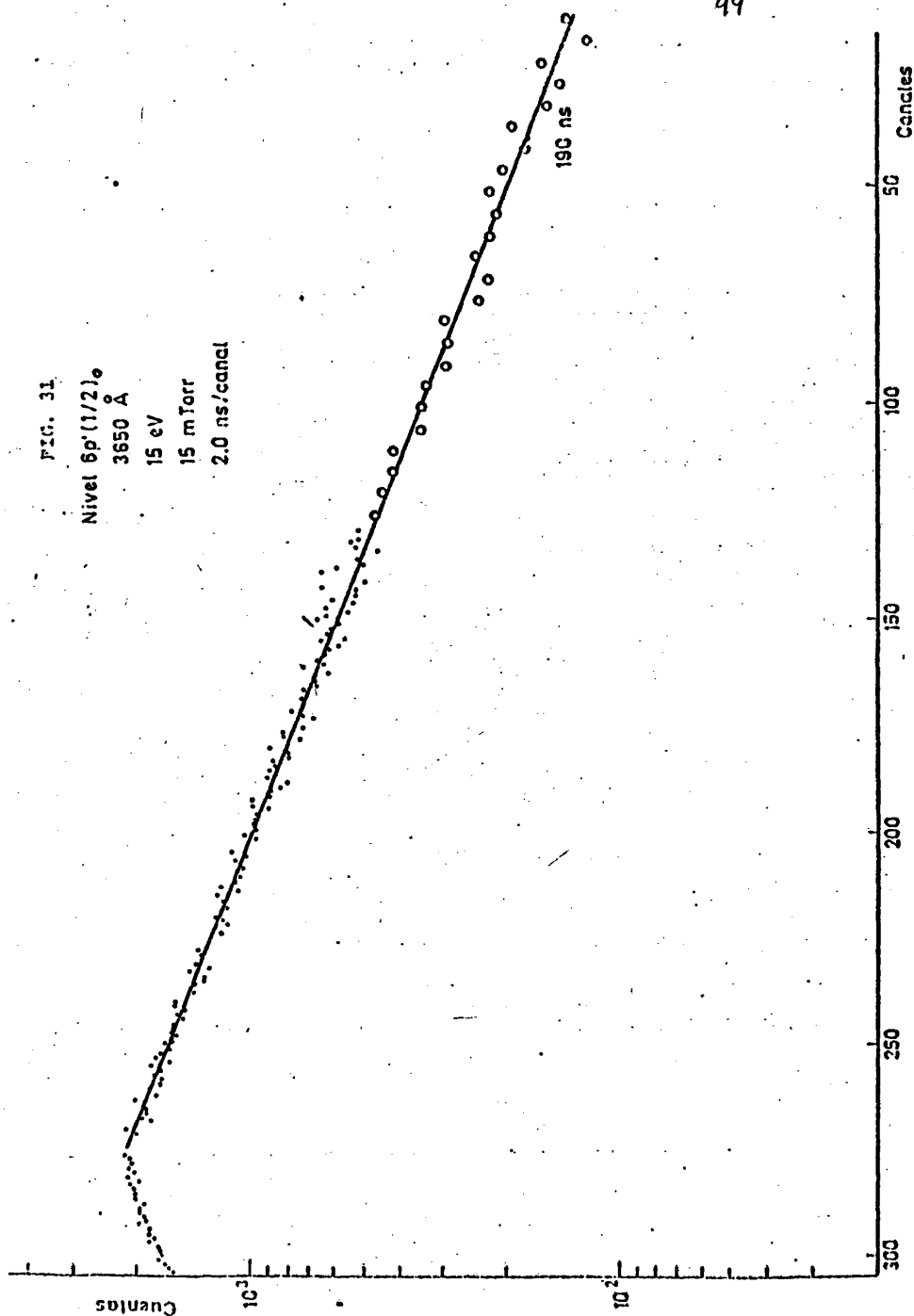
Nivel $6p'(1/2)_o$

3650 Å

15 eV

15 mTorr

2.0 ns/canal



debida a la mezcla con una línea de segundo orden realizamos a la misma energía una medida de esta transición poniendo un filtro amarillo (impide el paso de $\lambda < 5100 \text{ \AA}$). La curva obtenida aparece en la Fig. 32b.

Para energías inferiores a 40 eV el análisis de las curvas de desexcitación se ha realizado en dos componentes exponenciales la más larga presenta un valor $275 \pm 25 \text{ ns}$. Para la asignación de la componente de cascada más probable, analizemos las desexcitaciones de los niveles posibles que sean próximos en energías

Nivel (notación jk)	$\lambda (\text{\AA})$ vacío	$A_{jk}(jk) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$	$\tau_i(jk) \text{ (ns)}$
6p 5/2 ₃	67641.8	0.945	274.0
6p 5/2 ₂	66277.4	0.09837	291.5
6p 3/2 ₁	63527.6	0.1798	254.3
6p 3/2 ₂	62989.4	0.9882	236.3
6p 1/2 ₁	72166.2	0.6713	325.4
7p 5/2 ₃	28387.2	0.1201	496.9
7p 5/2 ₂	28267.6	0.01386	527.7
7p 3/2 ₁	27996.5	0.03085	472.8
7p 3/2 ₂	27944.8	0.1751	381.2
7p 1/2 ₁	28661.7	0.06858	645.7

Teniendo en cuenta la regla de la ref. 19 ya enunciada según la cual la parte angular de las probabilidades de transición es mayor cuando $\Delta k = \Delta j = \Delta l = +1$. Eligiéremos como nivel poblador por cascada más probable al nivel 6p|5/2|₃, sin descartar como posible al nivel 6p|3/2|₂ que tiene mayor probabilidad de transición y una vida media próxima aunque algo inferior.

La componente más corta presenta un valor de $75 \pm 8 \text{ ns}$,

FIG. 32.a

Nivel $6s(3/2)_{1/2}$
 7030 Å
 40 eV
 10 mTorr
 2.0 ns/canal

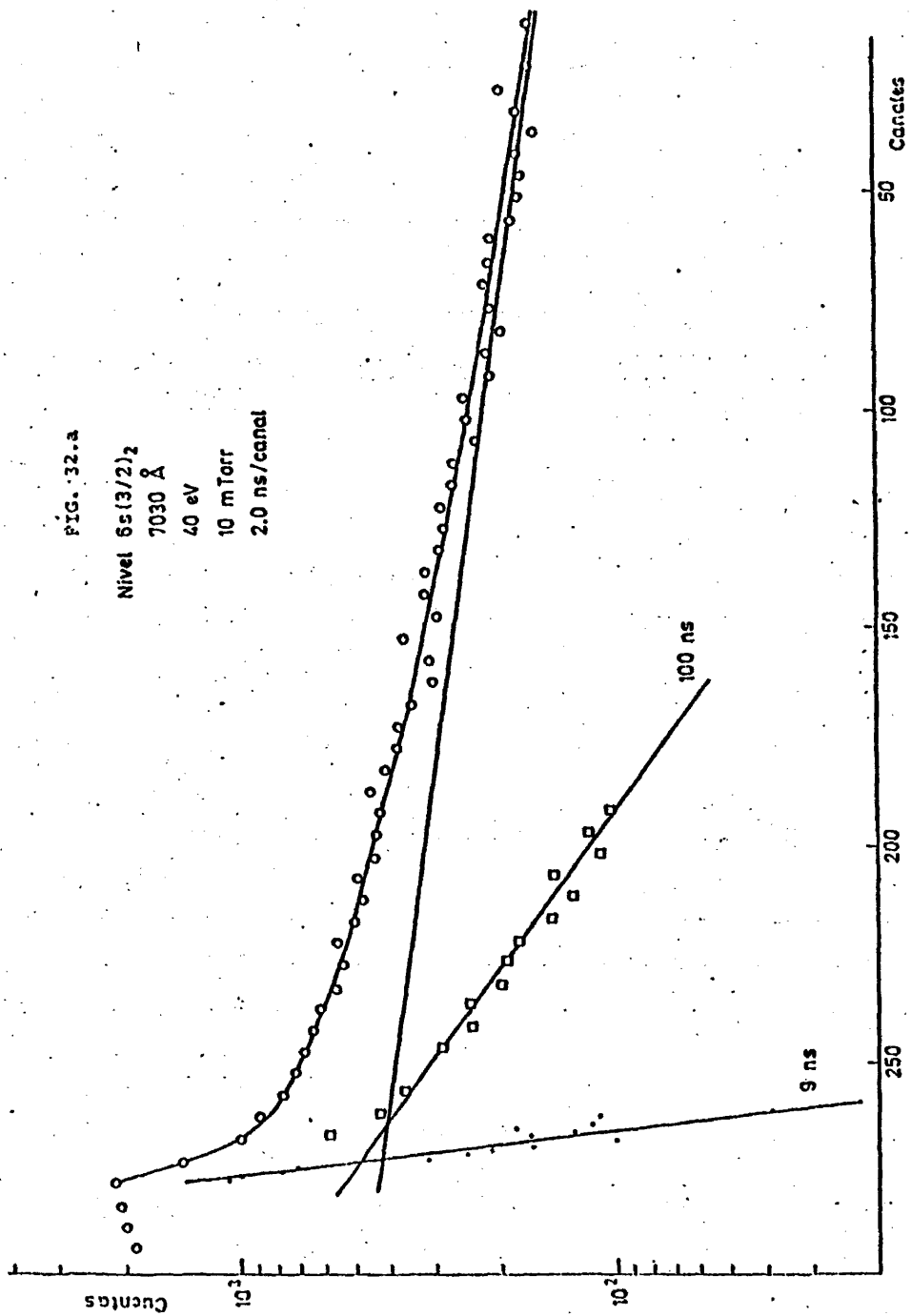


FIG. 32b.

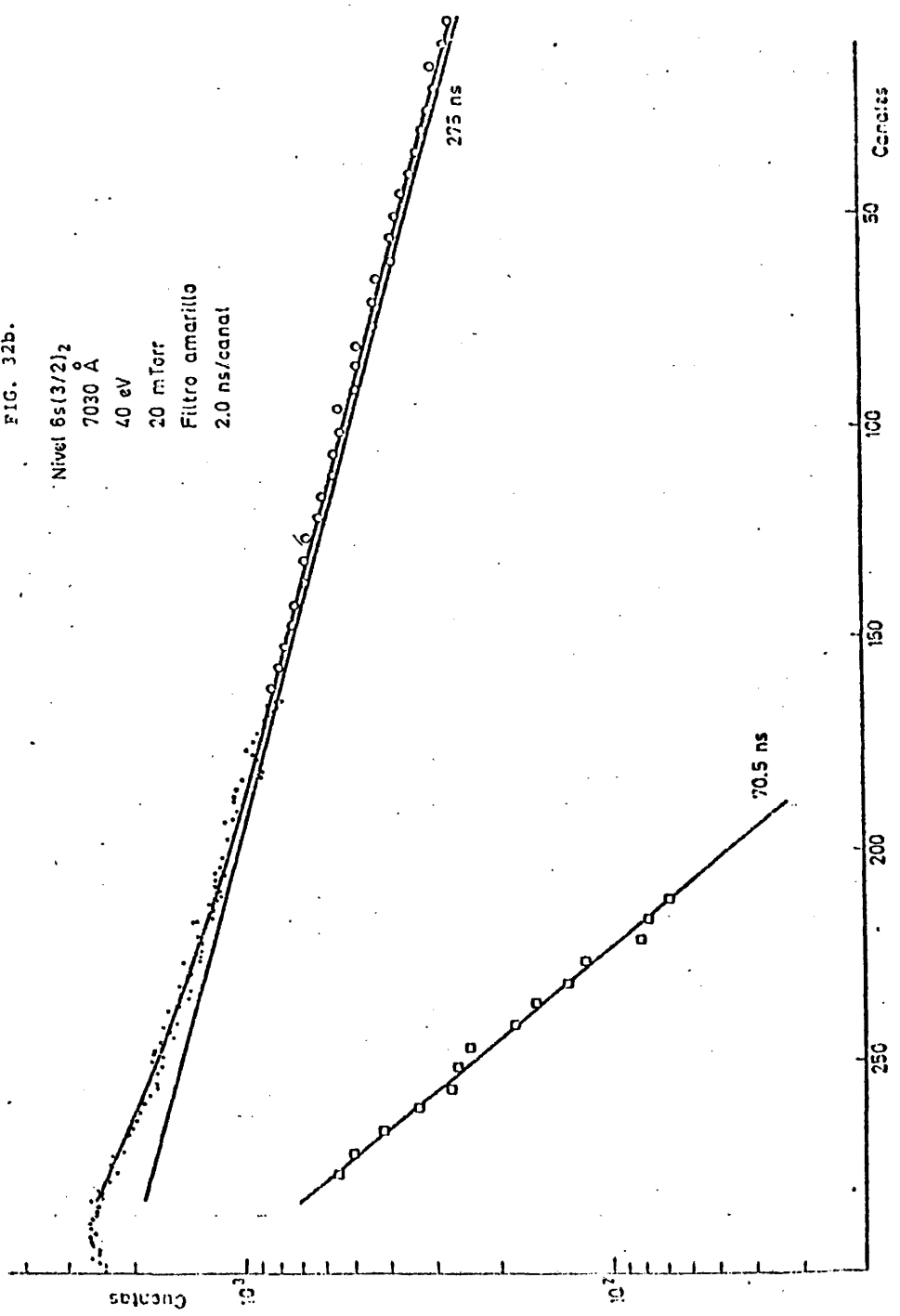
Nivel $6s(3/2)_2$
7030 Å

40 eV

20 mTorr

Filtro amarillo

2.0 ns/canal



asignable a la vida media del nivel en estudio. Ningún otro resultado experimental ha sido hallado en la literatura. Este valor es inferior en un 20% al valor encontrado realizando cálculos en acoplamiento jk .

Considerando los cálculos teóricos realizado en acoplamiento intermedio por P.D. Johnston [16] para las transiciones $6s \rightarrow 4p$ y por P.W. Murphy [34] para las transiciones $6s \rightarrow 5p$ hemos obtenido la probabilidad de transición absoluta para este nivel $6s|3/2|_2$ y calculando su inversa hemos obtenido un valor de la vida media de 75.9 ns en perfecto acuerdo con nuestro resultado experimental (75 ± 8 ns). Comparando con los cálculos de la referencia 32 concuerda el resultado obtenido en la aproximación del dipolo ($\langle |\vec{r}| \rangle$) (76.7 ns) y es inferior en un 12% al valor calculado considerando mezcla de configuraciones (84.5 ns).

Estos resultados se presentan en la tabla 7. En esta tabla se muestran también los resultados obtenidos para los niveles $7s|3/2|_2$, $8s|3/2|_2$ y $9s|3/2|_2$.

El nivel $7s|3/2|_2$ ha sido medido a través de la línea de 5451.6 Å con energías entre 16 y 25 eV y presiones del gas entre 5 y 15 mtorr. Para energías de excitación superiores a 20 eV las curvas experimentales se ajustaban con dos componentes. Para energías inferiores la componente de cascada desaparece y la curva experimental se ajusta con una sola componente exponencial. La vida media encontrada para este nivel ha sido de 171 ± 9 ns.

Medidas anteriores habían sido realizadas por B. Zurro et al. (39) a través de la línea de 5888 Å encontrando un valor de 165 ± 20 ns. El resultado teórico en acoplamiento jk (168.6 ns) y el obtenido por la ref. 32 en IC para la aproximación de velocidad del dipolo (170 ns) están en perfecto acuerdo con nuestro resultado experimental.

En la Fig. 33 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas para este nivel.

Tabla 7 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 ns$ ($n = 6, 7, 8, 9$).

NIVEL	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES		VALORES TEORICOS				
		Este Trabajo	Ref. 39	(J.K)	τ_F	τ_{IV}	τ_{SC}	τ_{MC}
$6s(3/2)_2$	7030	75 \pm 8		91.9	76.7	84.7	92.9	84.5
$7s(3/2)_2$	5452	171 \pm 9	165 \pm 20	168.6	142	155	170	99.3
$8s(3/2)_2$	5421	256 \pm 10		285.5				
$9s(3/2)_2$	5394	301 \pm 16		451.3				

Para los niveles $8s|3/2|_2$ y $9s|3/2|_2$, los resultados experimentales y los cálculos teóricos son los primeros existentes en la literatura. Las condiciones de medida se han variado, en cuanto a la energía entre 16 y 28 eV y con respecto a la presión del gas entre 3 y 13 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas se ajustan por una sola exponencial (ver Figs. 34 y 35) que proporciona directamente la vida media del nivel en estudio.

Comparando los cálculos teóricos en acoplamiento jk puro y los resultados experimentales se deduce que para ambos, los valores experimentales son inferiores. Las discrepancias encontradas son de un 11% para el nivel $8s|3/2|_2$ y de un 46% para el nivel $9s|3/2|_2$.

La diferencia de valores encontrada para este último nivel puede atribuirse a que para niveles tan excitados la mezcla de configuraciones con niveles nd tiene que ser importante.

I.3.5.- Configuración $3p^54d$

La escasez de información experimental sobre las vidas medias de esta configuración nos ha llevado a realizar un estudio tan exhaustivo como nos ha sido posible.

Se ha medido las vidas medias de siete niveles pertenecientes a la configuración $3p^54d$. Sus designaciones y energías experimentales en cm^{-1} aparecen en la tabla (ver hoja siguiente).

La vida media de estos niveles se ha estudiado a través de nueve transiciones con longitudes de onda comprendidas entre 6059 y 7353 Å.

Las vidas medias obtenidas para estos niveles son las pri

FIG. 33.

Nivel $7s(3/2)_2$

5451 Å

18 eV

15 mTorr

2.0 ns/canal

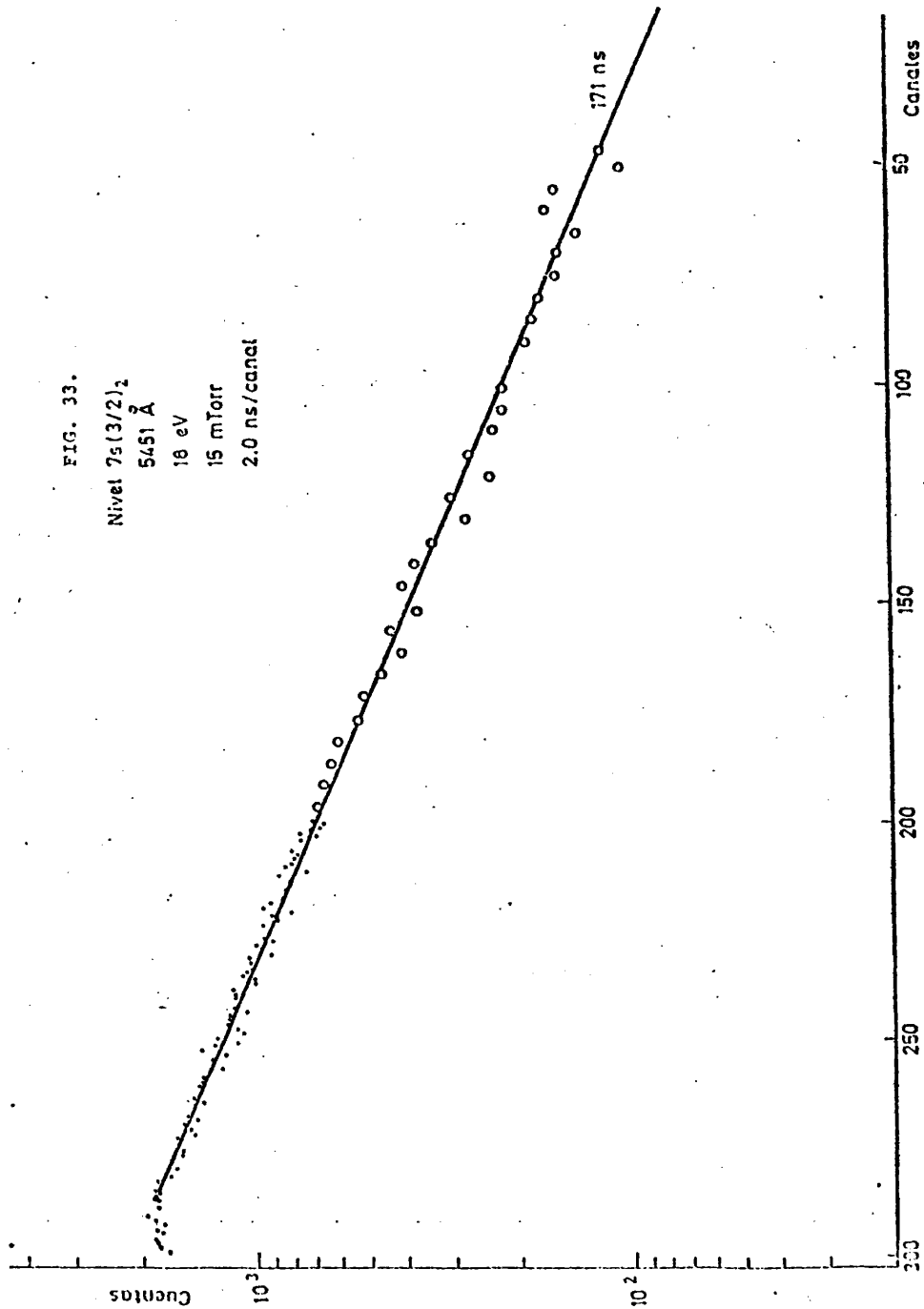


FIG. 34

Nivel $8s(3/2)_2$

5421 Å

20 eV

7 mTorr

2.0 ns/canal

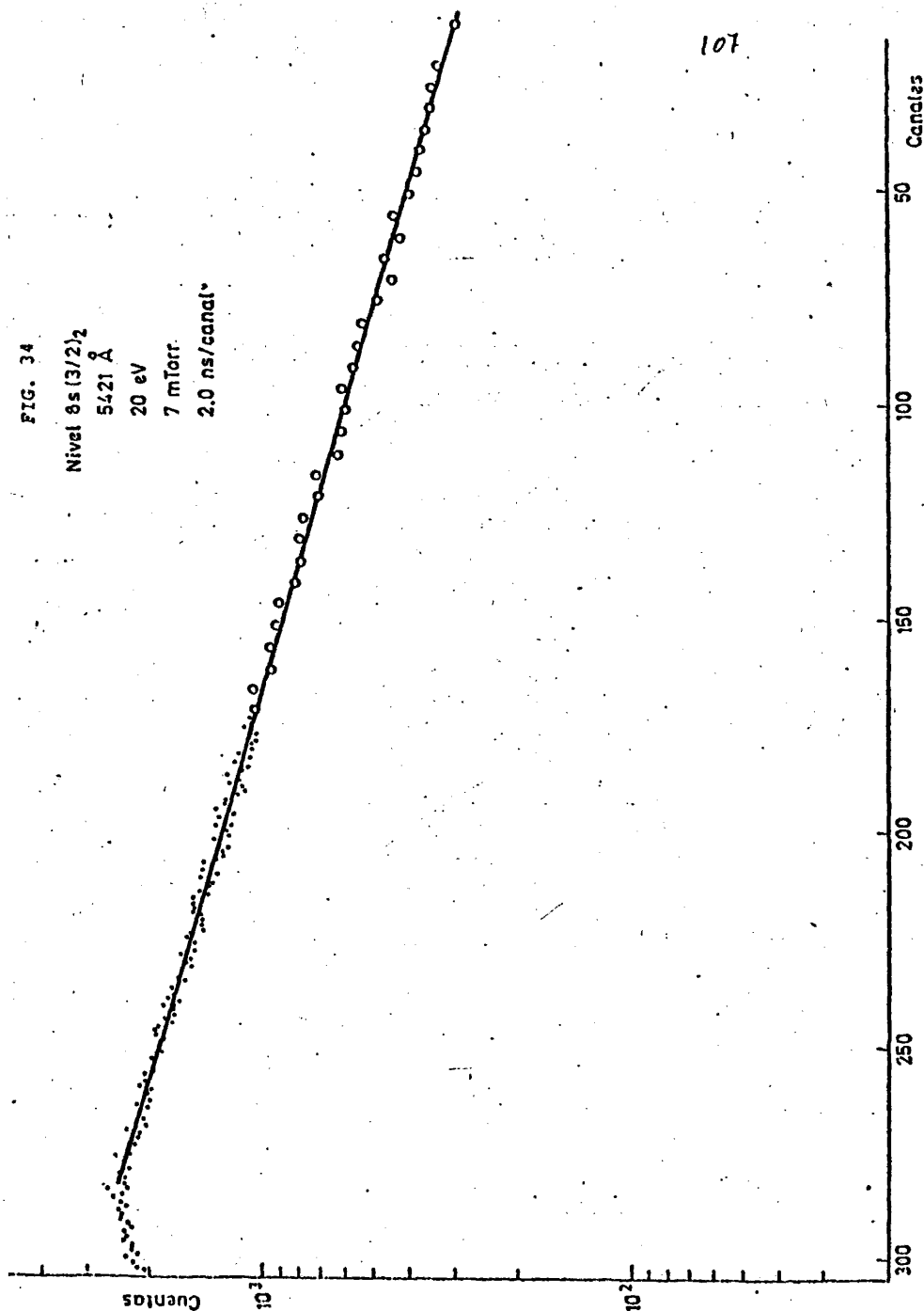


FIG. 35.

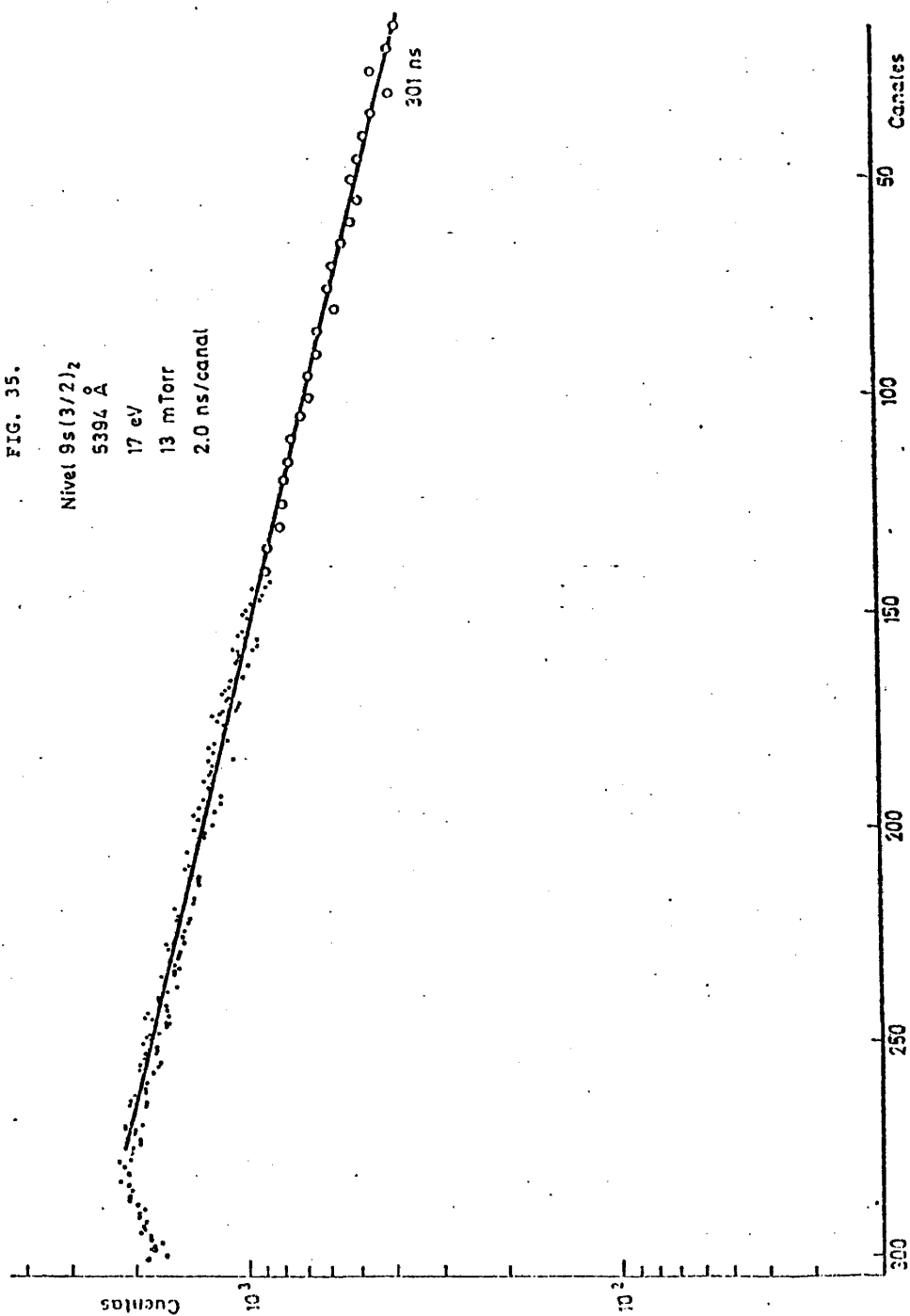
Nivel $9s(3/2)_2$

5394 Å

17 eV

13 mTorr

2.0 ns/canal



Notación Racah (jk)	Notación Paschen	E (cm ⁻¹) 12
4d 1/2 ₀	4d ₆	118512.17
4d 1/2 ₁	4d ₅	118651.447
4d 7/2 ₄	4d ₄	119023.699
4d 7/2 ₃	4d ₄	119212.93
4d 3/2 ₂	4d ₃	118906.66
4d' 5/2 ₃	4'' ₁	120753.52
4d' 3/2 ₂	4'' ₁	120600.944

meras existentes en la literatura excepto para el nivel resonante 4d|1/2|₁.

Con respecto a los cálculos teóricos de las vidas medias de estos niveles, únicamente existen la realizada en la ref. 32, que como ya hemos mencionado, se han calculado utilizando para la parte radial funciones de Hartree-Fock y acoplamiento intermedio para su parte angular. Comparando estos cálculos con los realizados por nosotros utilizando aproximación de Coulomb (funciones hidrogenoideas) para la parte radial y acoplamiento jk para la parte angular de la probabilidad de transición, se puede observar en la tabla 8 que los resultados experimentales obtenidos para los niveles 3p⁵4d están de acuerdo, dentro del error experimental, con los cálculos realizados en jk excepto para el nivel 4d|3/2|₂. Discrepancias de hasta un factor 4 se encuentran comparándolos con los cálculos de la ref. 32.

Las medidas de estos niveles se han realizado excitando el gas con un haz de electrones de energías comprendidas entre valores próximos al umbral de excitación del nivel (siempre que la intensidad de la línea lo ha permitido) hasta 40 eV por encima de este umbral y de corriente en pico 0.7 mA. La presión del gas se ha variado desde 5 hasta 40 mtorr. Caso aparte es el nivel resonante 4d|1/2|₁ para el cual se realizaron gran número de me

Tabla 8 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 4d$.

NIVEL		Línea λ (Å)	RESULTADOS EXPERIMENTALES		DATOS TEORICOS		
Notación Racah	Notación Paschen		Este Trabajo	Ref. 41	(JK)	λ_{rv}	λ_{MC}
$4d(1/2)_0$	$4d_6$	6938	120 ± 10		124	474	368
$4d(1/2)_1$	$4d_5$	6871	59.5 ± 9 ; 125 ± 7^a	74 ± 10	28; 128^a	138	213
$4d(7/2)_4$	$4d'_4$	7372	226 ± 20		230	436	460
$4d(7/2)_3$	$4d_4$	7353	285 ± 15		297	404	408
$4d(3/2)_2$	$4d_3$	6753	147 ± 7		191	424	372
$4d'(5/2)_3$	$4s_1'''$	6605	310 ± 8		317	374	367
$4d'(3/2)_2$	$4s_1''$	6059 6888	223 ± 13		259	393	392

a. Valores considerando atrape resonante total.

didas para presiones comprendidas entre 1 y 80 mtorr . Excepto para este nivel resonante, no se ha observado variación de la vida media con la presión.

Las curvas experimentales se han obtenido con el convertidor en los dos rangos de tiempo de 900 y 3500 ns . Los resultados obtenidos eran en todos los casos acordes dentro del error experimental.

Para ninguno de estos niveles se ha observado la presencia de cascadas radiativas. Las curvas experimentales se han ajustado por una exponencial simple excepto en las obtenidas en el estudio del nivel $4d|3/2|_2$ en el que la falta de resolución del monocromador para las líneas 6753 y 6756 Å nos ha llevado a ajustar la curva experimental con dos exponenciales. Desplazando la longitud de onda seleccionada en el monocromador a valores ligeramente inferiores del máximo de aparición de la línea, la curva experimental se ajustaba con una sola componente exponencial (ver Figs. 41a y 41b).

Las vidas medias obtenidas para los niveles no resonantes de esta configuración presentan errores comprendidos entre un 3 y un 9% . Para el nivel resonante $4d|1/2|_1$ se ha considerado un error de un 15% puesto que siempre los resultados obtenidos por extrapolación presentan errores superiores a la medida directa .

Hemos de destacar que las vidas medias experimentales obtenidas para los niveles no resonantes $3p^{5nd}$ son los primeros existentes en la literatura. Por otra parte, el nivel resonante $4d|1/2|_1$ el único resultado experimental dado por G.H. Lawrence [41] en medida directa de la transición resonante está en perfecto acuerdo dentro del error experimental con el resultado obtenido por nosotros.



Nivel $4d|1/2|_0$

La vida media de este nivel ha sido medido a través de la transición $4p|1/2|_1 - 4d|1/2|_0$ de 6937.7 \AA . Esta transición de probabilidad $5.245 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$, es la más intensa, según nuestros cálculos, de las que parten del nivel $4d|1/2|_0$.

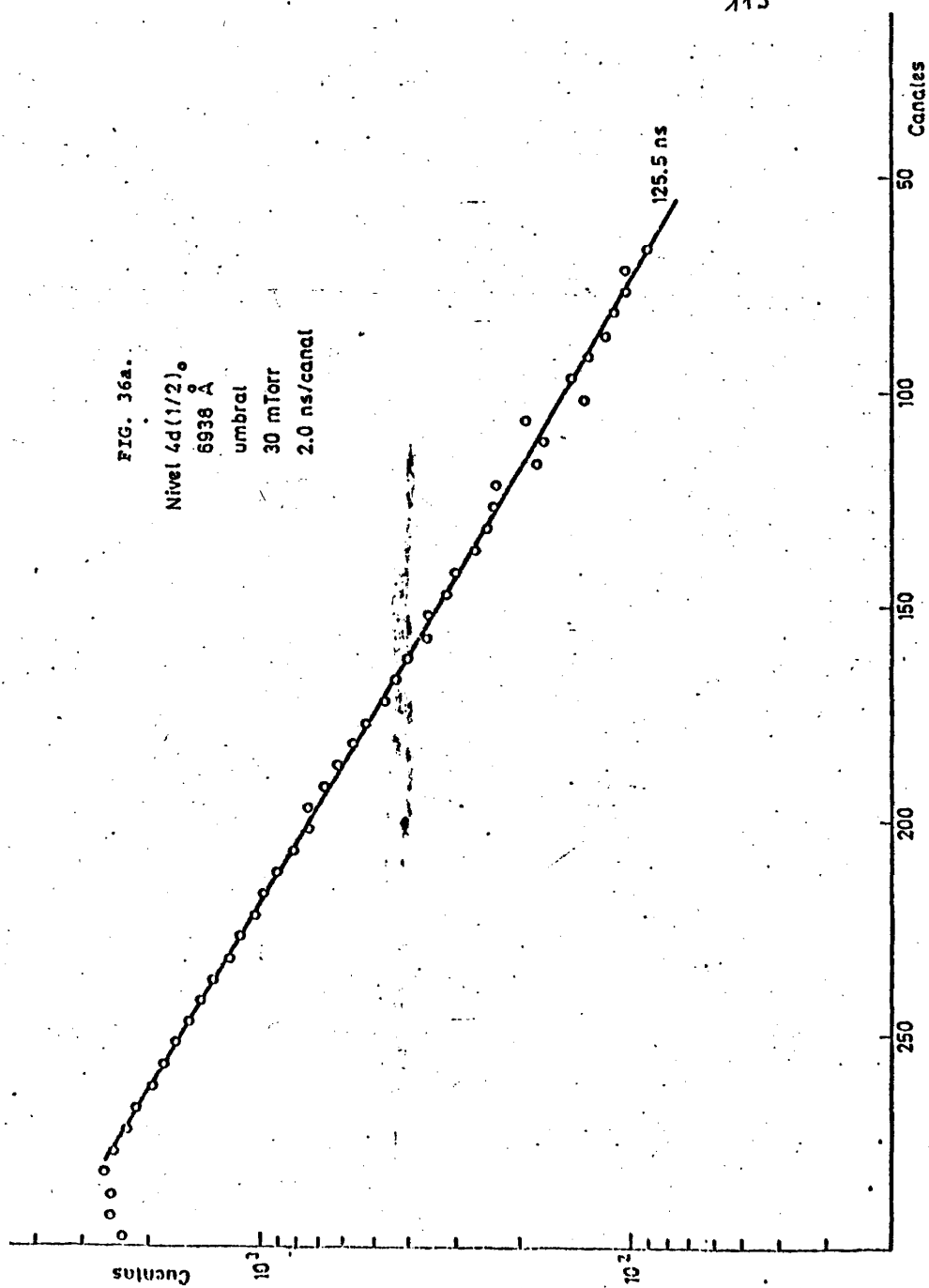
Su estudio experimental se ha realizado variando la energía del haz electrónico desde valores próximos al umbral de excitación (14.7 eV) hasta 40 eV . La presión del gas se ha variado desde 7 a 30 mtorr . Y se ha utilizado el convertidor tiempo amplitud para los rangos de 900 y 3500 ns .

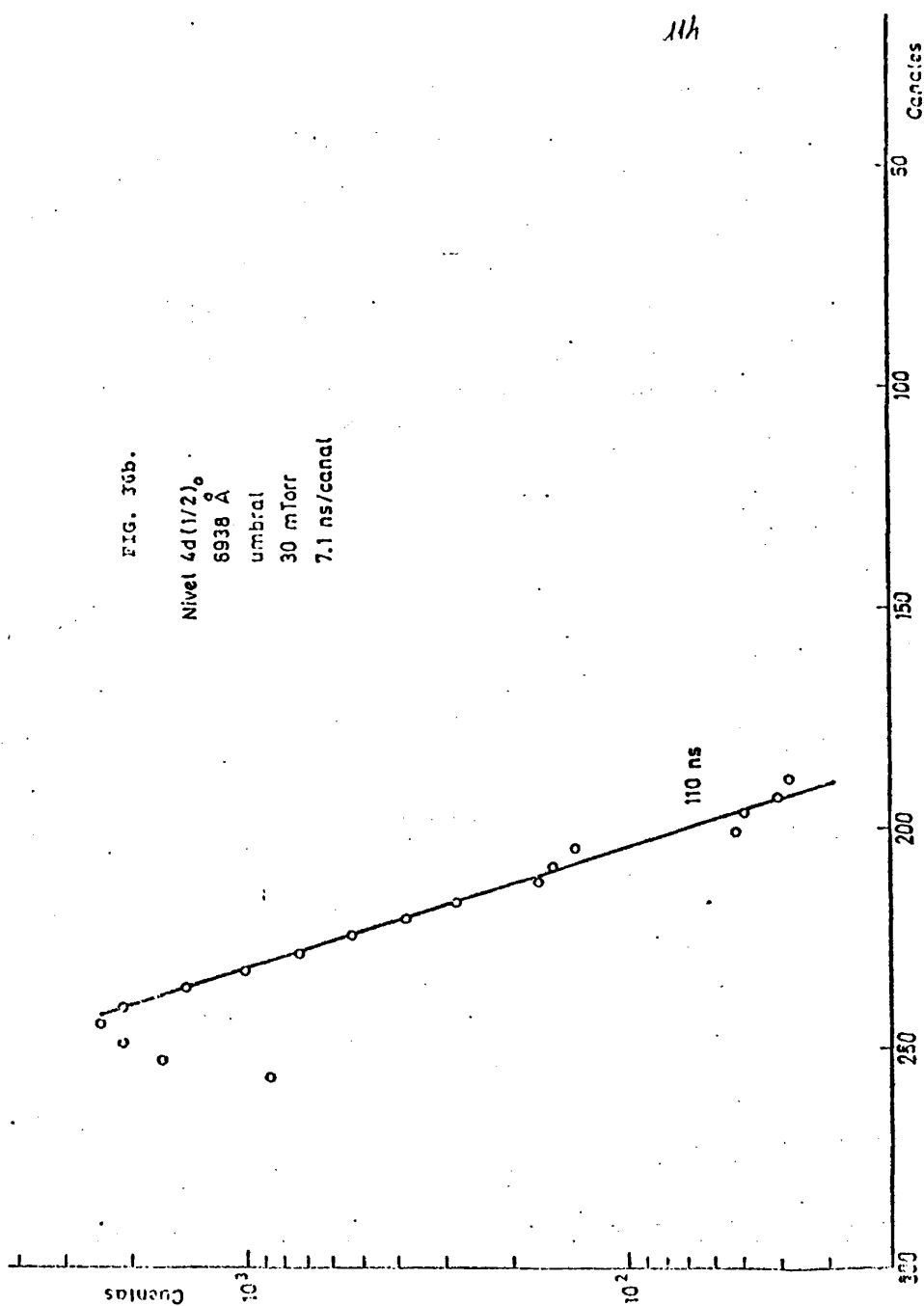
Las curvas experimentales obtenidas se han ajustado en todos los casos con una sola componente exponencial que nos da directamente la vida media del nivel de interés. El valor de la vida media ha sido de $120 \pm 10 \text{ ns}$. Este valor está de acuerdo dentro del error experimental de la medida, con el resultado teórico obtenido utilizando aproximación de Coulomb para el cálculo de la parte radial y acoplamiento jk para la parte angular de la probabilidad de transición.

Los cálculos teóricos realizados por la ref. 32 para este nivel son superiores en factores 3 (interacción de configuración) y 4 a los obtenidos por nosotros. Hemos de destacar que el resultado obtenido considerando interacción de configuraciones es algo mejor como era de esperar, pues los niveles nd de $J = 0, 1, 2$ son los que más probablemente se mezclan con niveles $3p \text{ ns}$.

No se han podido hacer más comparaciones, por ser nuestro resultado experimental el primero existente en la literatura.

En las Figs. 36a y 36b se muestran dos curvas experimentales obtenidas utilizando el convertidor con rango de 900 y 3500 ns respectivamente.





Nivel $4d|1/2|_1$

Se ha medido este nivel resonante, único de esta clase presentado en este trabajo, a través de la transición $4p|1/2|_1 - 4d|1/2|_1$ de 6871.3\AA que tiene según la ref. 17 una intensidad de 150.

El hecho de que el nivel esté conectado con el fundamental (resonante) permitía sospechar que aparecerían efectos de atrape de radiación que alargarían el valor aparente de la vida media del nivel. Para estudiar esto, es necesario realizar medidas manteniendo muy constante la presión cuanto menor sea la variación de presiones de medida a medida mejor se puede determinar la variación de la vida media con la presión.

Se han realizado medidas desde presiones de 2 mtorr (manómetro Pening) hasta 80 mtorr (Pirani). Las equivalencias entre las escalas de los dos aparatos así como su equivalencia con el valor real se obtuvo gracias al sistema de calibración de manómetros puesto a punto por la Dra. M. Shaw y descrito en la sección de calibraciones al principio de este capítulo.

Los resultados obtenidos para las vidas medias aparentes se han representado frente a las presiones en la Fig. 37.

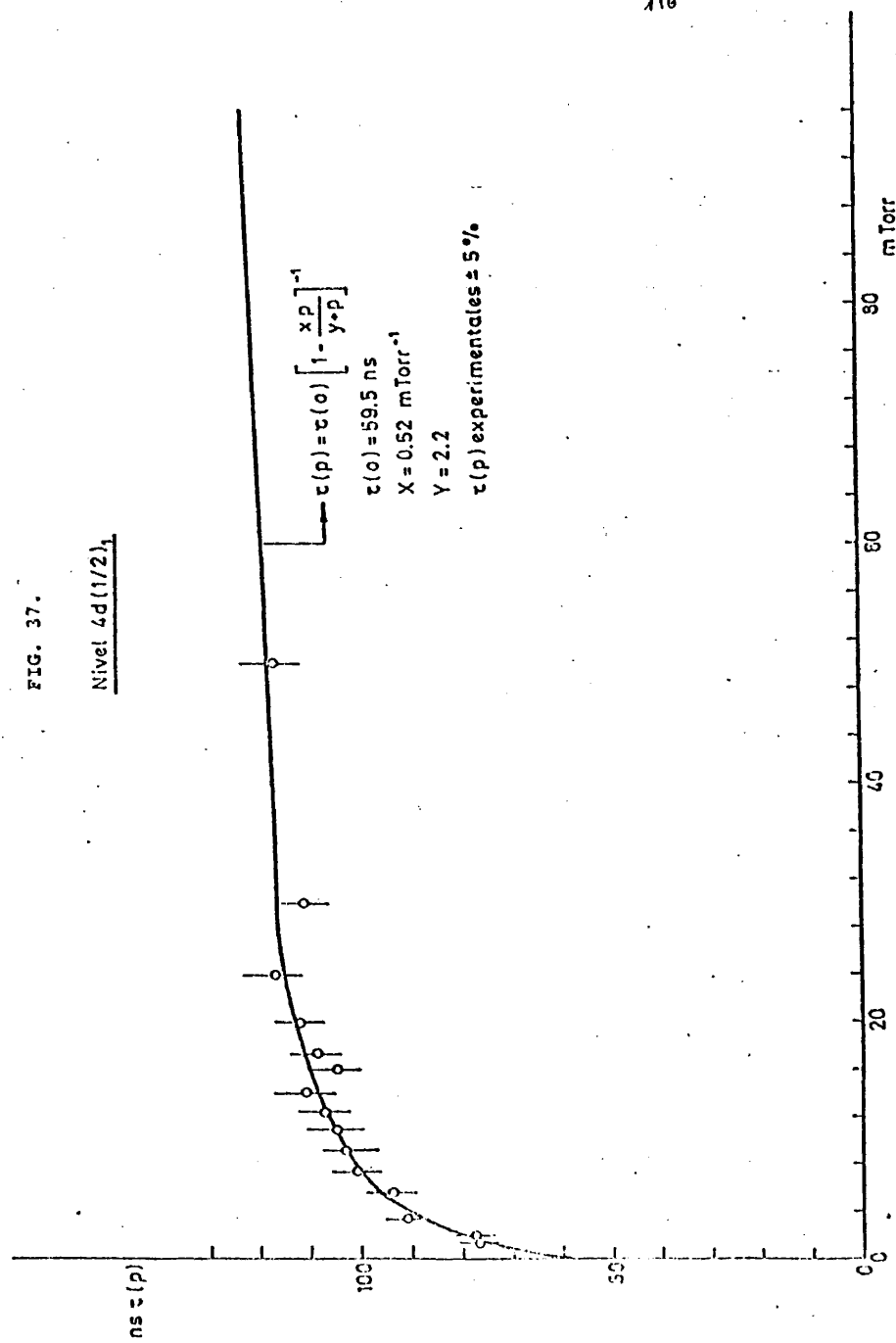
El valor real de la vida media sería el obtenido extrapolando a presión cero. Es necesario, pues, dar una expresión teórica que relacione $\tau(p)$ con la presión.

Siguiendo los razonamientos de P. Erman y S. Huldt [25] en su estudio sobre atrape de radiación se encuentra una expresión que relaciona la vida media aparente obtenida a una cierta presión con su valor extrapolado. Expresión válida para $p \leq 0.5$ mtorr y que contiene la forma:

$$\frac{\tau(0)}{\tau(p)} = 1 - \frac{xp}{Y+p}$$

FIG. 37.

Nivel 4d(1/2)₁



donde x e y son parámetros a determinar independientes de la presión.

Para $p \geq 0.5$ mtorr la fórmula propuesta es:

$$\frac{\tau(0)}{\tau(p)} = 1 - \frac{\xi}{\eta/\zeta p \sqrt{\ln \zeta p} + p}$$

donde ξ , η , ζ son parámetros independientes de la presión. Sin embargo, mientras que la determinación de otro parámetro hace más engorroso el cálculo, la aportación de este término es muy pequeña en el rango de presiones utilizadas por eso se utilizó en la determinación de $\tau(0)$ la primera expresión.

Para obtener los parámetros x e y y el valor de la vida media extrapolado, hemos hecho un ajuste por mínimos cuadrados de los resultados experimentales a la curva teórica.

Partiendo de $\tau(\infty) = 124$ ns, valor de la vida media encontrada para presiones superiores a 20 mtorr.

Los parámetros encontrados ha sido

$$x = 0.52 (\text{mtorr})^{-1}$$

$$y = 2.2$$

$$\tau(0) = 59.52 \text{ ns}$$

se ha estimado el error en la determinación de la vida media en un 15%, es decir,

$$(4d|1/2|_1) = 59.5 \pm 9 \text{ ns}$$

Este valor concuerda dentro del error experimental con el resultado obtenido por G.H. Lawrence [41] quien excitando con electrones pulsados midió directamente la transición resonante desde este nivel (842.8 \AA), obteniendo un valor de la vida me-

dia de 74 ± 10 ns , a presiones comprendidas entre 0.1 y 10 μ torr. Los cálculos teóricos en j_k dan un valor en atrape resonante total (es decir, equivalente a $\tau(\infty)$) de 128 ns acorde con el obtenido por nosotros para altas presiones e intermedio entre los hallados por P.F.Gruzdev y A.V.Loginov [32] para una sola configuración (138 ns) y considerando interacción de configuraciones (113 ns) .

En las Figs. 38a y 38b se muestran curvas experimentales obtenidas con el convertidor tiempo-amplitud de 900 ns para 2 y 11 mtorr y con energía de los electrones de 20 eV en ambos casos.

Nivel $4d|7/2|_4$

El estudio de este nivel, al igual que los restantes $nd|7/2|_4$, tiene gran importancia pues permite valorar la bondad de las funciones de onda radiales utilizadas en el cálculo de las probabilidades de transición. De la misma forma, la medida de su vida media puede proporcionar información sobre cual es el criterio más adecuado para escoger el parámetro de energía en un método semiempírico como es la aproximación de Coulomb (ver Capítulo IV).

Esto se debe a que el nivel $4d|7/2|_4$ únicamente puede pasar por desexcitación radiativa, en aproximación dipolar eléctrica, a niveles $np|5/2|_3$, con $n = 4$ y 5 .

En estas transiciones, la parte angular es independiente del esquema de acoplamiento y la probabilidad de transición nos valdrá para evaluar la bondad de la aproximación elegida para la parte radial. Como para todas las transiciones que parten de este nivel ocurre lo mismo, el valor de la vida media experimental será un buen punto de referencia.

Esto está basado en la regla de la suma (ver ref. 40, pág. 72) que dice así: la parte angular total del grupo J es inde-

FIG. 38a.

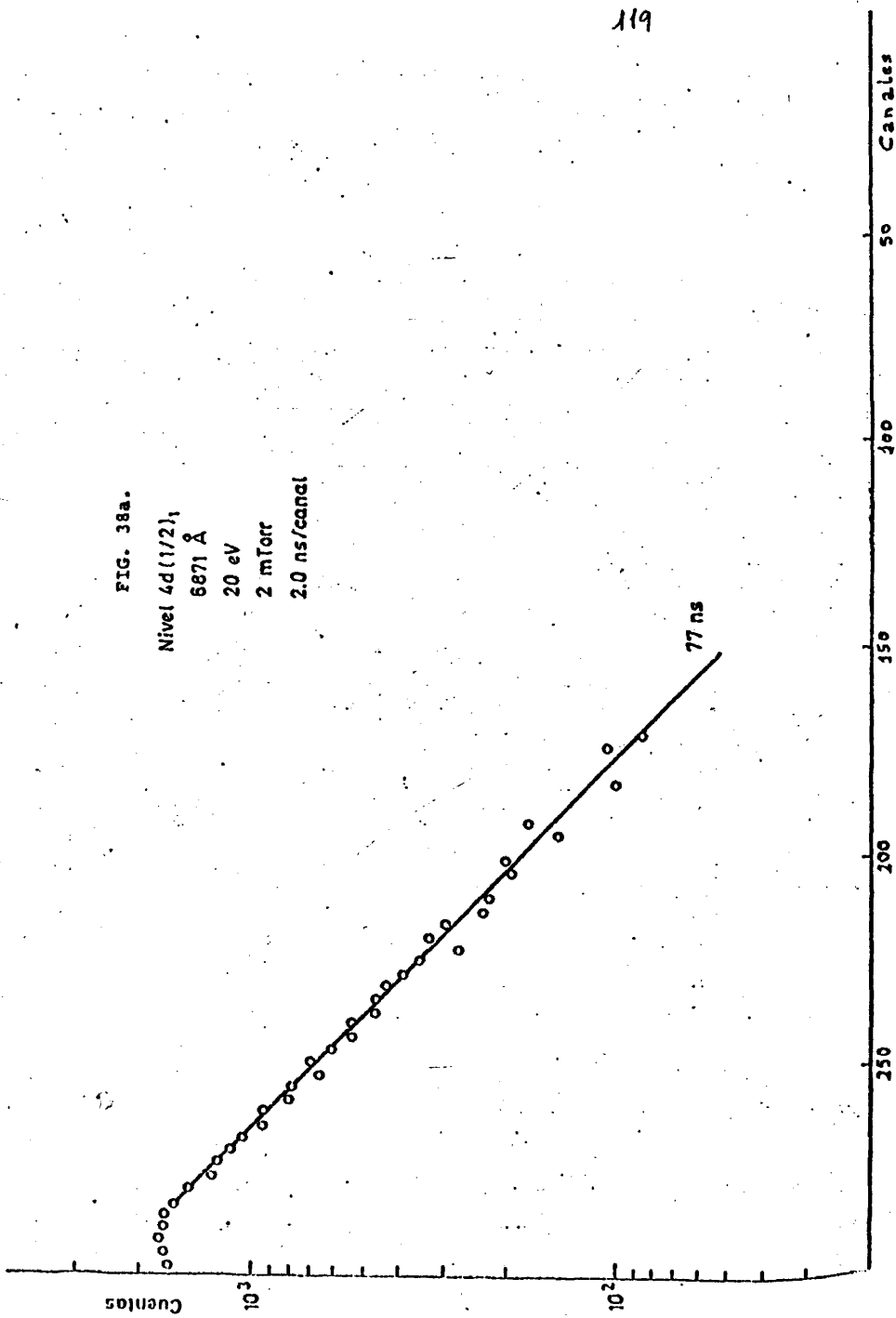
Nivel $4d(1/2)_1$

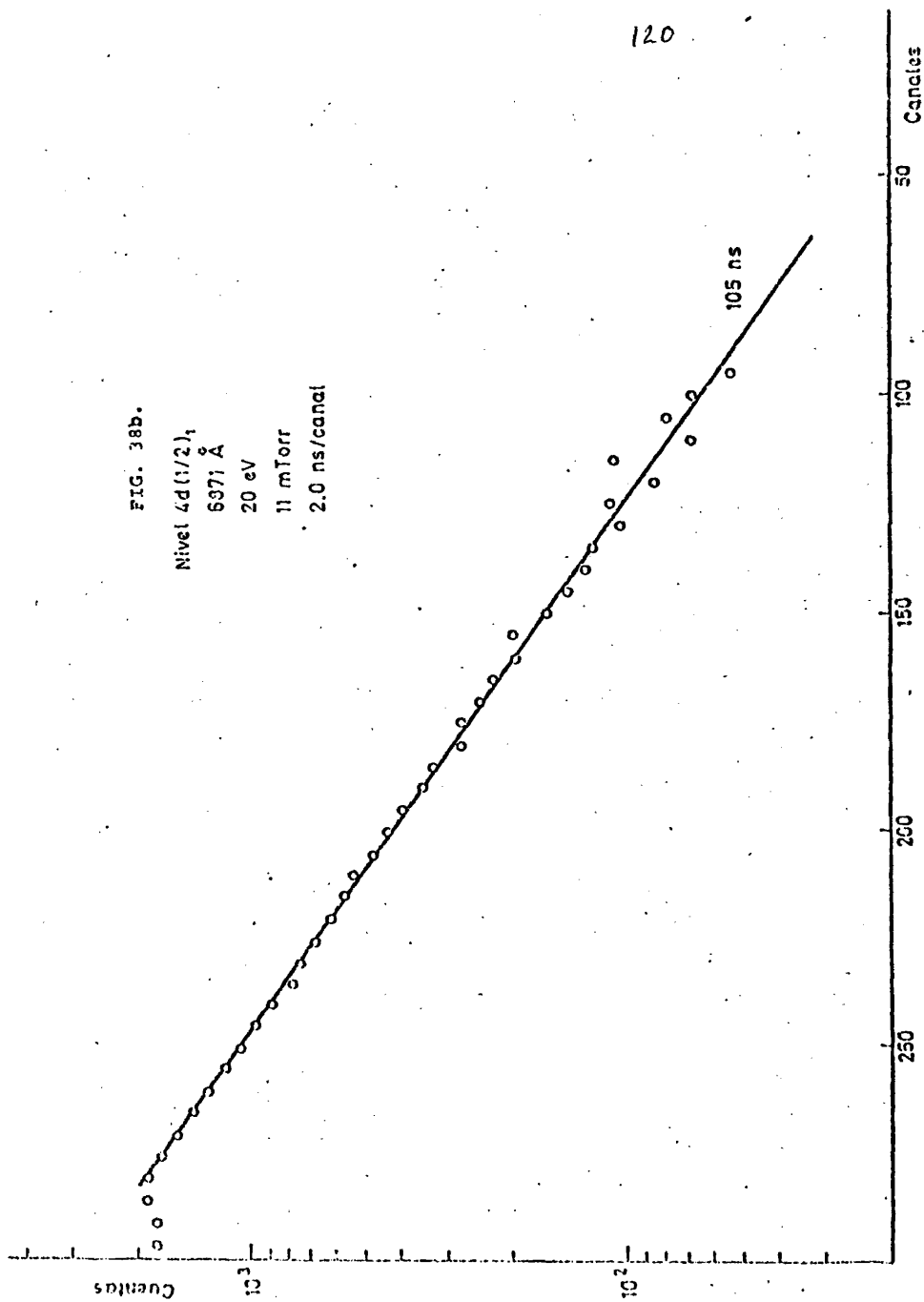
6871 Å

20 eV

2 mTorr

2.0 ns/canal





pendiente del esquema de acoplamiento. Llamando grupo J , el conjunto de transiciones entre los niveles con el mismo J en la configuración C y los del mismo J' en la configuración C' . En nuestro caso, los niveles $4d|7/2|_4$ y $np|5/2|_3$ son los únicos que tienen $J = 4$ y $J = 3$ en sus respectivas configuraciones.

La vida media de este nivel se ha medido a través de la transición $4p|5/2|_3 - 4d|7/2|_4$ de longitud de onda de 7372 \AA . Esta línea tiene una intensidad relativa según la ref. 17 de 100 y la probabilidad de transición es de $2.567 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ según los cálculos realizados en acoplamiento jk . La otra transición posible es $5p|5/2|_3 - 4d|7/2|_4$ que tiene un valor de $1.785 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ para su probabilidad de transición.

Se han realizado un gran número de medidas de este nivel variando la energía del haz electrónico entre 15 y 40 eV y la presión del gas entre 5 y 22 mtorr. Se ha utilizado el convertidor tiempo-amplitud en rangos de tiempo de 900 y 3500 ns. Los resultados encontrados para ambos convertidores están en buen acuerdo dentro del error experimental. Dos ejemplos se muestran en las Figs. 39a y 39b.

La curva experimental se ha ajustado con una sola componente exponencial que nos da directamente la vida media del nivel de interés. Este valor es de $226 \pm 20 \text{ ns}$ que está en perfecto acuerdo con el obtenido en nuestros cálculos de 229.8 ns ; aparecen discrepancias en un factor 2 con los cálculos de la ref. 32 que da unos valores de 436 y 460 ns. Estos resultados son tan próximos entre sí porque al ser un nivel de $J = 4$ no puede mezclarse con niveles $3p^5 \text{ ns}$.

Basándonos en nuestro resultado experimental y debido a lo expuesto anteriormente podemos decir, que la aproximación de Coulomb es válida para la obtención de funciones de onda para el cálculo de la parte radial de la probabilidad de transición tomando

FIG. 39a.

Nivel $L_d(7/2)_4$

7372 Å

16 eV

7 mTorr

2.0 ns/canal

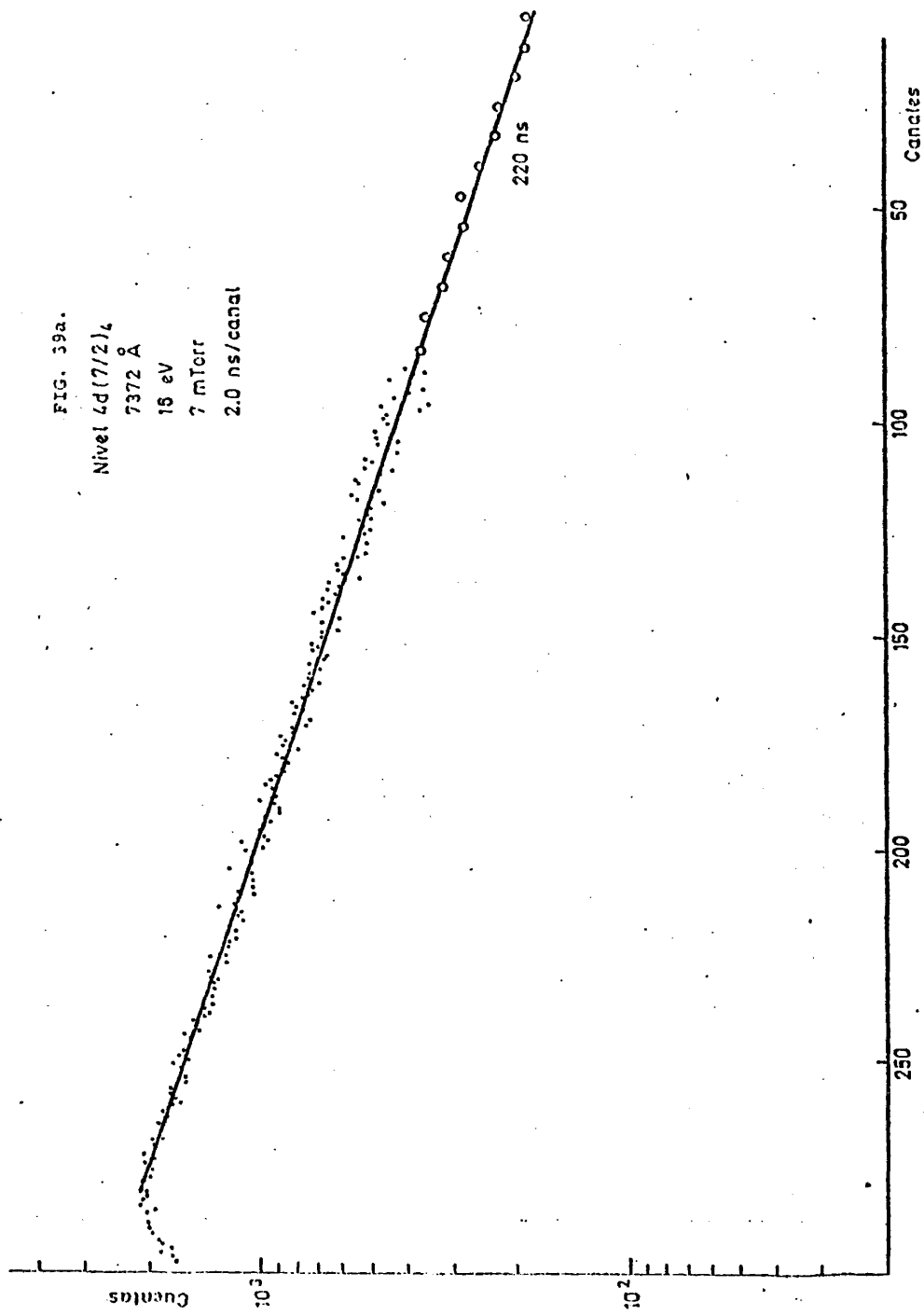


FIG. 39b.

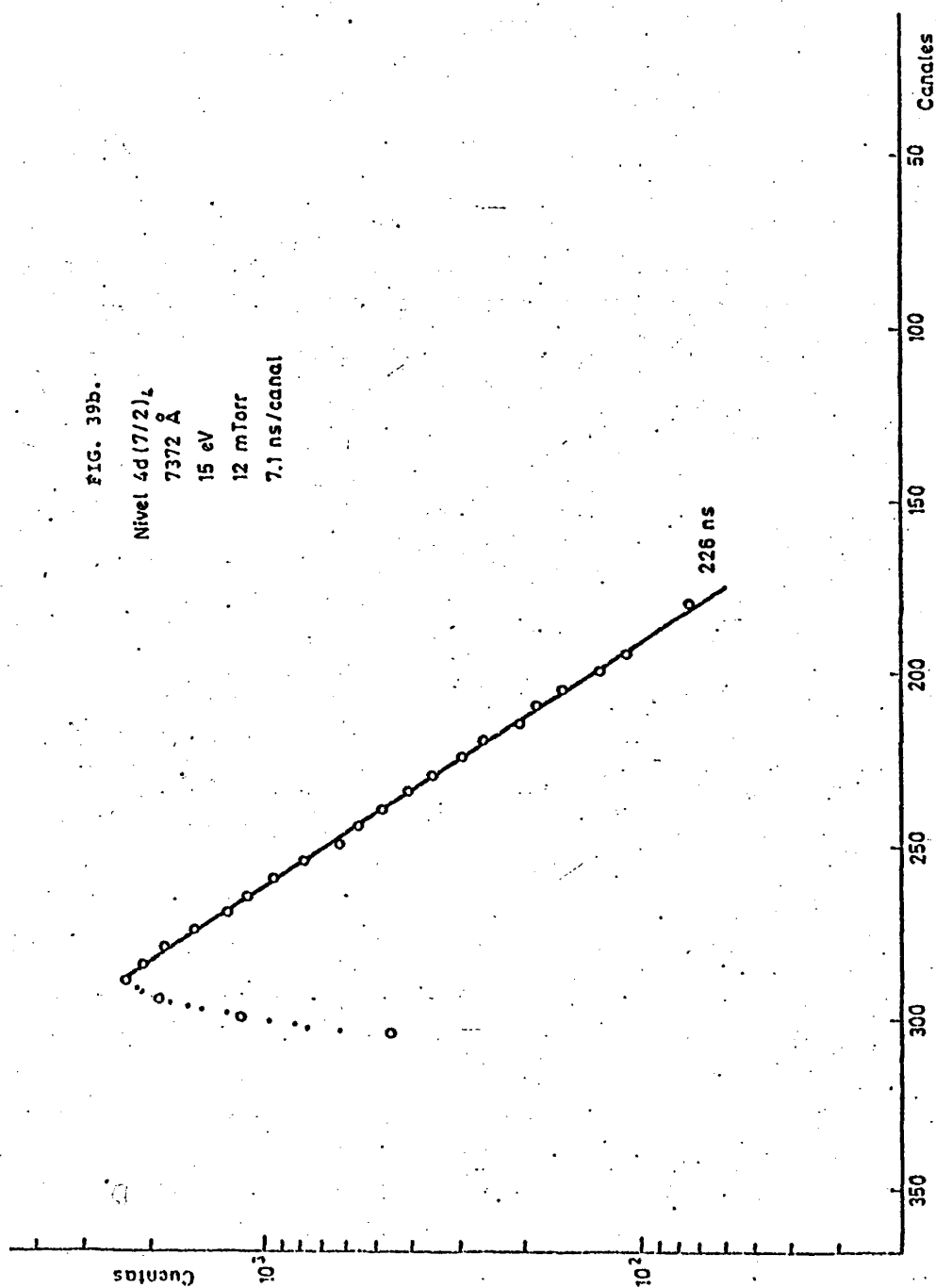
Nivel $4d(7/2)_L$

7372 Å

15 eV

12 mTorr

7.1 ns/canal



como valores para las energías de los niveles los dados individualmente en las tablas de C.E. Moore [12]. También se han realizado cálculos considerando para cada nivel las energías medias ponderadas de la configuración (ver comparación de resultados en el capítulo IV). El resultado obtenido para este nivel es de 262.8 ns que difiere en un 15% del valor experimental.

Parece pues más aceptable tomar como energías los valores empíricos de cada nivel. Por esta causa, los valores teóricos de las vidas medias que se presentan en las tablas de este capítulo son las calculadas considerando la energía experimental de cada nivel. Las funciones de onda utilizadas por la ref. 32 no parecen ser las más adecuadas para dar las partes radiales de las probabilidades de transición si nos basamos en la comparación del resultado experimental para la vida media de este nivel 226 ns y los cálculos de dicha referencia que dan valores de 436 y 460 ns.

Nivel $4d|7/2|_3$

El estudio de este nivel se podía hacer a partir de cualquier transición que partiendo del mismo fuera a un nivel $4p$, que son las únicas transiciones con longitudes de onda en la zona de medida de este trabajo. Estas transiciones son:

Transición	$\lambda_{aire}^{(A)}$	I ref. [17]	I ref. [18]
$4p' 3/2 _2 - 4d 7/2 _3$	8384.73	60	8
$4p 3/2 _2$ "	7704.81	20	4
$4p 5/2 _2$ "	7353.32	100	19
$4p 5/2 _3$	7270.66	10	12

La primera de estas transiciones accesible a nuestro sistema aparece mezclada con el segundo orden de las líneas de $4190.7 + 4191.03 \text{ \AA}$ de intensidades 1200 y 600, respectivamente, según la referencia 17. Para evitar los segundos órdenes se

antepone al monocromador un filtro amarillo de corte en 5100 \AA .

Debido a la baja eficiencia del sistema en esta zona, la línea con el filtro ya no presenta una relación señal-ruido que nos permita realizar la medida.

La línea de 7704.8 \AA tiene una relación señal-ruido muy baja que nos obligaría a realizar medidas a energía de excitación alta y presiones altas. Pero para estas energías (unos 50 eV) aparece el segundo orden de una de las líneas más intensas del Ar II la línea de 3850.6 \AA . Al anteponer el filtro la relación señal-ruido es mala. La última de estas transiciones (7270.6 \AA) era apenas discernible del ruido.

La única candidata era la línea de 7353 \AA que según la ref. 17 no se diferencia de la que parte del nivel $6s|3/2|_2$

Transición	$\lambda_{\text{vacío}} (\text{\AA})$	$A_{ij}(\text{en } jk) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4p 5/2 _2 - 4d 7/2 _3$	7355.31	0.99
$4p 3/2 _1 - 6s 3/2 _2$	7355.21	0.2

Sin embargo las probabilidades de transición experimentales obtenidas por I. Bues, T. Haag y J. Richter [42] eran

Transición	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA})$	$A_{ij}(\text{exp. [42]}) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4p 5/2 _2 - 4d 7/2 _3$	7353.29	$0.805 \pm 30 \%$
$4p 3/2 _1 - 6s 3/2 _2$	7352.18	<0.001

Esta diferencia de valores en la contribución de cada transición a esta línea (suponiendo poblaciones excitadas semejantes) nos animó a realizar las medidas de la vida media del nivel $4d|7/2|_3$ a partir de esta transición.

De todas formas se realizaron medidas previas de la vida

media del nivel $6s|3/2|_2$ a través de la línea de 7030.2 \AA . La vida media era de $75 \pm 8 \text{ ns}$ (más información aparece en la descripción de este nivel en la sección precedente). A continuación se midió la línea de 7353 \AA para presiones del gas de 11 a 35 mtorr y energía del haz de electrones desde valores próximos al umbral de excitación (14.8 eV) hasta 15 eV por encima del mismo.

Todas las curvas experimentales (una muestra aparece en la Fig. 40) han sido ajustadas con una sola componente exponencial que nos da la vida media del nivel $4d|7/2|_3$ en estudio, su valor es de $285 \pm 15 \text{ ns}$. Resultado dado con un 5% de error que está de acuerdo dentro del error experimental con los cálculos realizados en acoplamiento jk y aproximación de Coulomb que dan un valor de la vida media de 297 ns . Los cálculos teóricos de P.F.Gruzdev y A.V.Joginov [32] exceden en un factor 1.4 a los valores encontrados por nosotros.

Nivel $4d|3/2|_2$

Se ha medido la vida media de este nivel a través de la transición $4p|1/2|_1 - 4d|3/2|_2$ de 6752.8 \AA de longitud de onda. Próxima se encuentra la línea de 6756.1 \AA , de igual intensidad según la ref. 17 y debida a la transición $4p|3/2|_2 - 5d|3/2|_2$. La resolución del monocromador en esta zona no permite separarlas, por eso se ha medido la vida media del nivel $4d|3/2|_2$ a través de las líneas de 6248.4 \AA y 5558.7 \AA el valor de la vida media encontrado para este nivel es de $205 \pm 15 \text{ ns}$.

El estudio de la línea de $6752.8+6756.1 \text{ \AA}$ se ha realizado variando la energía de excitación de los electrones de 15 a 23 eV y la presión del gas de 5 a 10 mtorr. Las medidas realizadas en el máximo de la línea presentaban dos componentes, la más larga debida a la desexcitación del nivel $3d|3/2|_2$ y la más corta debida a la desexcitación del nivel en estudio (ver Fig. 41a). Se realizan medidas desplazando la longitud de onda de la línea

FIG. 40

Nivel $6d(7/2)_3$

7353 Å

15 eV

30 mTorr

2.0 ns/canal

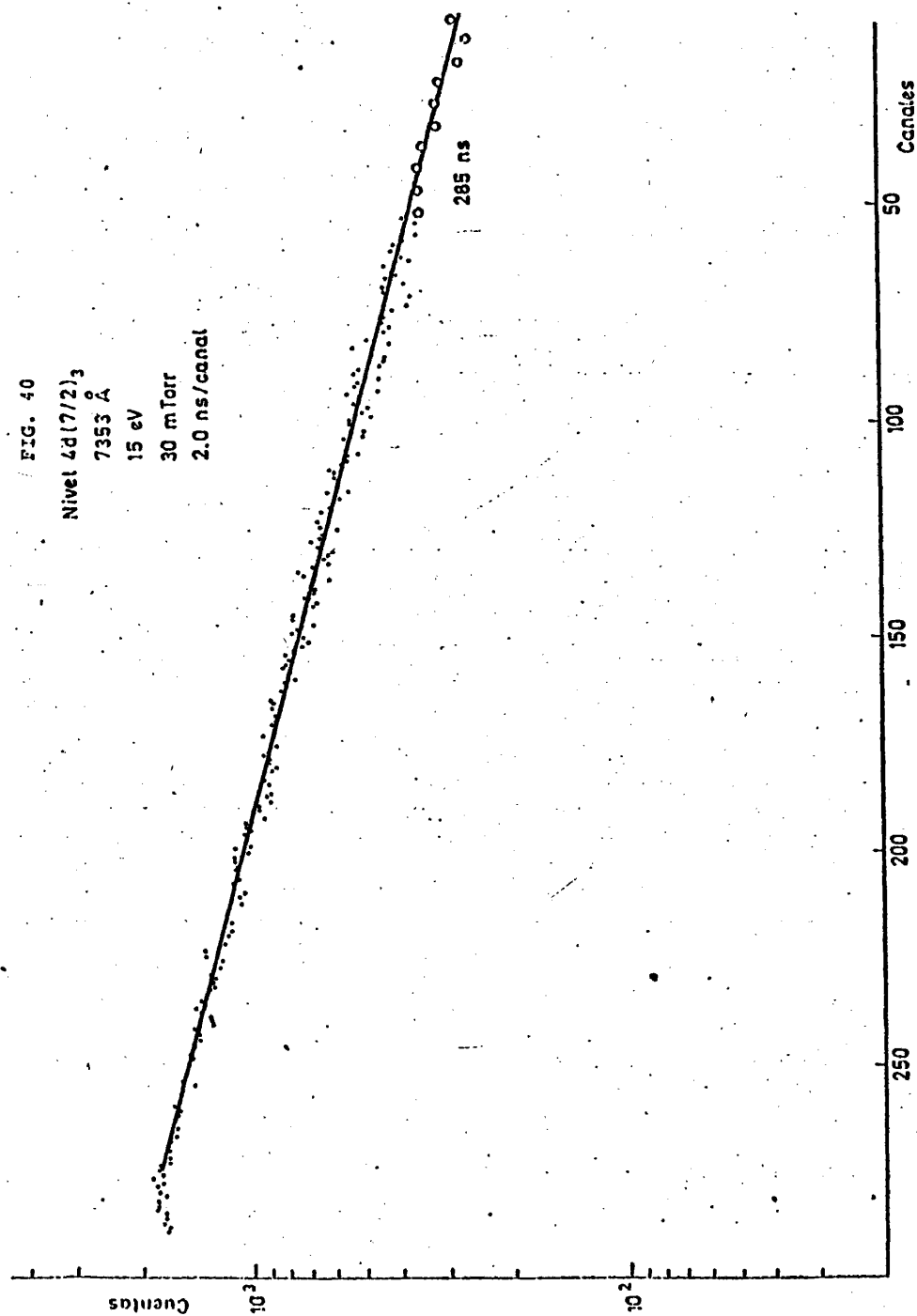
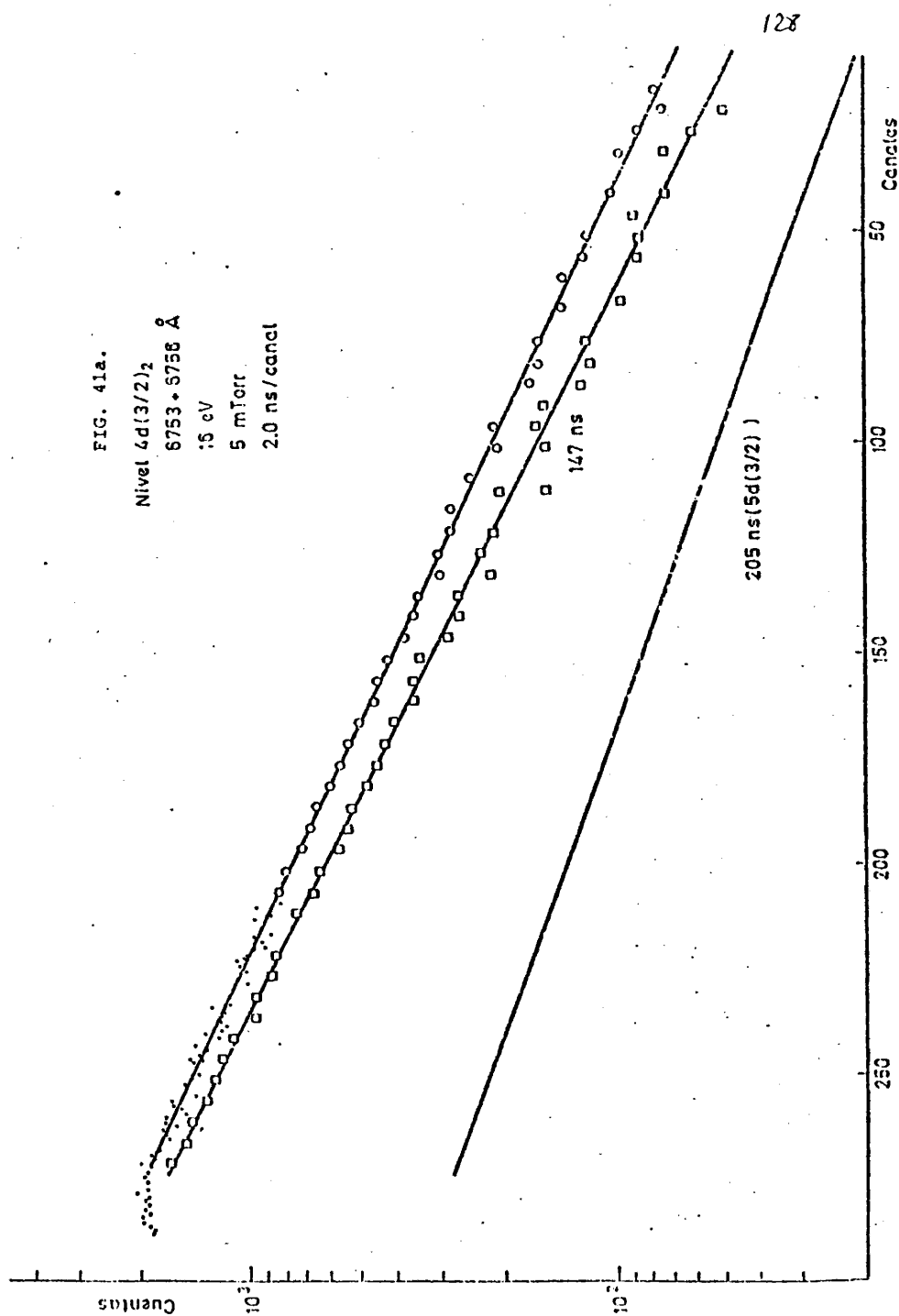


FIG. 41a.

Nivel $4d(3/2)_2$
6753 - 6758 Å
5 eV
5 mTorr
2.0 ns/canal



hacia longitudes de onda inferiores. Las curvas experimentales se ajustaban con una sola componente exponencial (ver Fig. 41b).

El valor obtenido para la vida media de este nivel es de 147 ± 7 ns que difiere del valor teórico obtenido en acoplamiento jk en un 26% (191.5 ns). Factores de 2.9 y 2.5 separan nuestro resultado experimental de los cálculos realizados por la ref. 32.

Nivel $4d' | 5/2 |_3$

El estudio de la variación temporal de la población de este nivel se ha realizado a partir de la transición $4p | 5/2 |_2 - 4d' | 5/2 |_3$ de 6604.8 \AA ; la probabilidad de esta transición es de $0.778 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ según los cálculos realizados en acoplamiento jk . La intensidad relativa de la línea según A.R.Striganov y N.S.Sventitskii [17] es de 60. Debido a la baja relación señal ruido, más medidas se han tenido que realizar a presiones relativamente altas comprendidas entre 20 y 40 mtorr. La energía del haz electrónico se ha variado desde valores próximos al umbral de excitación (15 eV) hasta 50 eV.

Las curvas de desexcitación obtenidas se ajustan por una sola componente exponencial que proporciona un valor para la vida media del nivel en estudio de 310 ± 8 ns. Este resultado concuerda dentro del error experimental (3%), con el obtenido teóricamente considerando aproximación de Coulomb para el cálculo de la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento jk para su parte angular.

Con respecto a los cálculos de la ref. 32, aparecen discrepancias de un 18% ($\tau = 374$ ns) y un 17% ($\tau = 367$ ns) al comparar con el resultado experimental encontrado por nosotros; que es, por otra parte, el único valor existente en la literatura.

En la Fig. 42 se muestra una de las curvas de desexcitación

FIG. 41b.

Nivel $4d(3/2)_2$
 $\lambda < 6753 - 6756 \text{ \AA}$
19 eV
7.5 mTorr
2.0 ns/canal

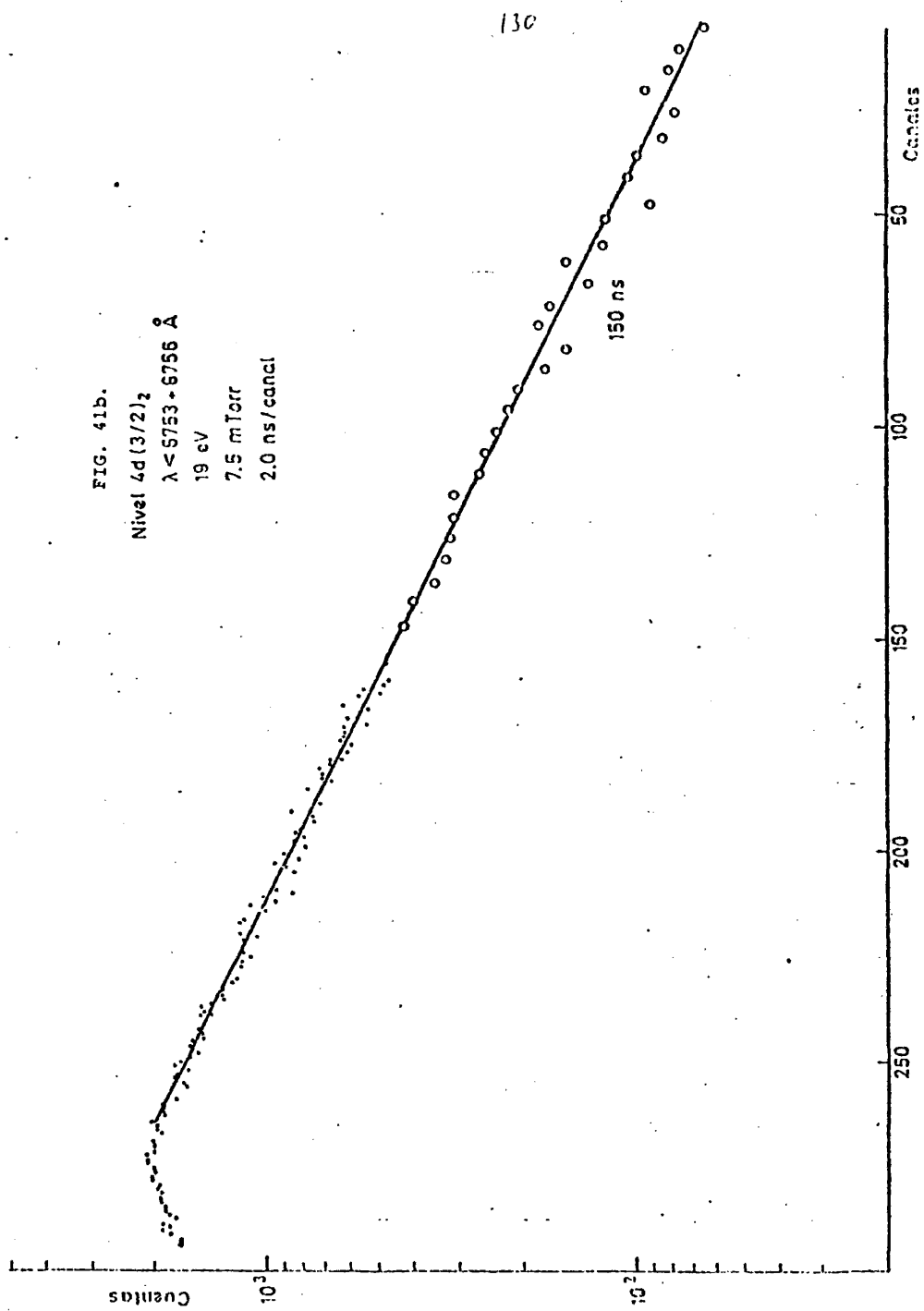


FIG. 42.

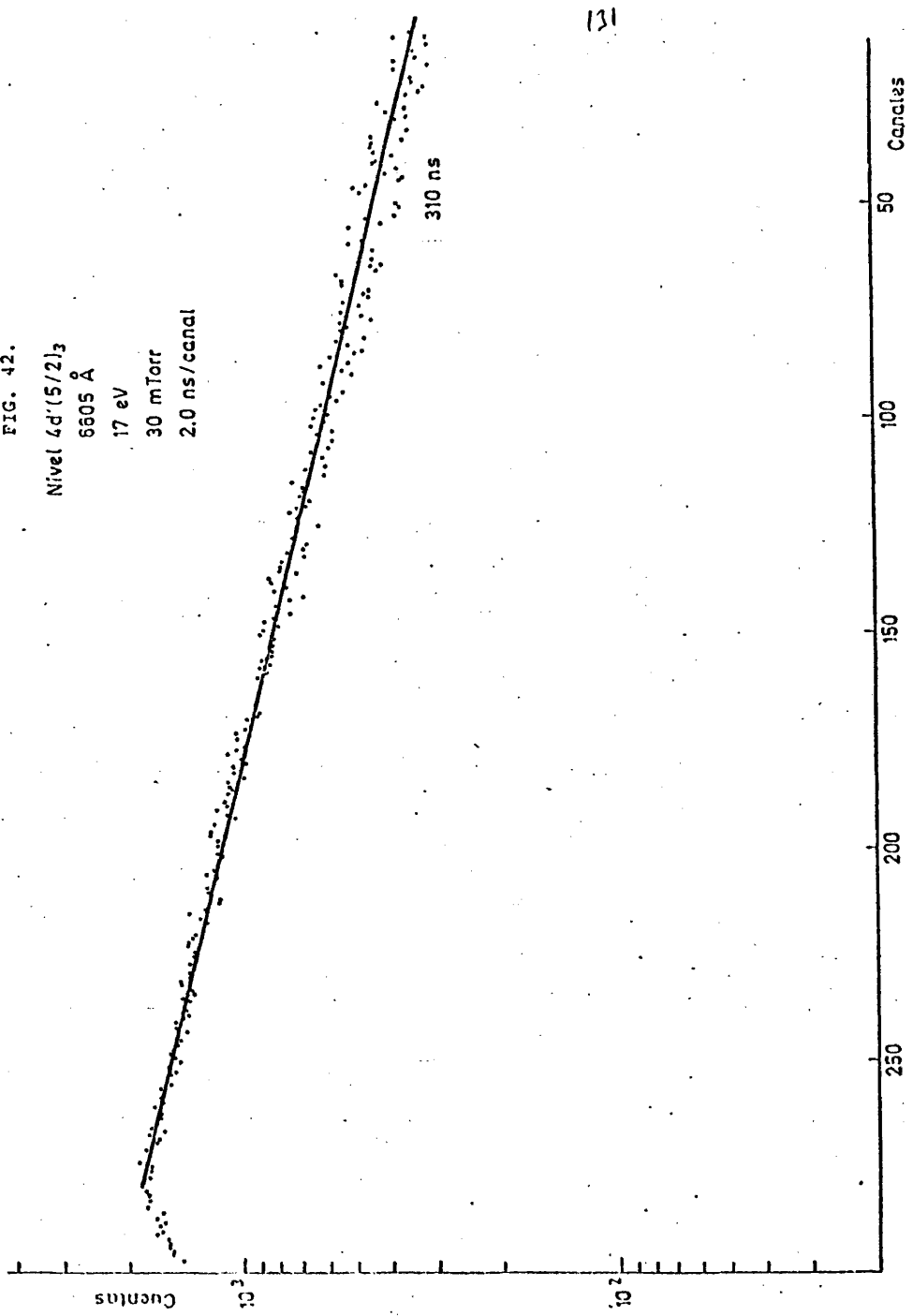
Nivel $4d'(5/2)_{3/2}$

6505 Å

17 eV

30 mTorr

2.0 ns/canal



obtenidas con el convertidor tiempo amplitud de 900 ns y a energía próxima al umbral de excitación.

Nivel $4d' | 3/2 |_2$

La vida media de este nivel ha sido medida a través de las dos transiciones siguientes:

Transición	$\lambda_{\text{vacío}} (\text{\AA})$	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA})$	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA}) 17 $	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA}) 18 $
$4p 3/2 _1 - 4d' 3/2 _2$	6890.0	6888.2	6879.2	6888.2
$4p 1/2 _1 - 4d' 3/2 _2$	6061.0	6059.4	6052.7	6059.4

En la tabla anterior además de las transiciones se muestran las longitudes de onda obtenidas a partir de las tablas de energías experimentales de niveles de C.E. Moore [12] y las obtenidas aplicando técnicas de beam-foil por S. Bashkin y J.O. Stoner [13]. Estas son las llamadas $\lambda_{\text{vacío}}$. Para pasar de éstas a λ_{aire} tendremos que utilizar la fórmula de Edlén de la ref. 37 que nos da el valor del índice de refracción en el aire para esa longitud de onda. Con esta expresión obtenemos las longitudes de onda que aparecen en la tercera columna. En la cuarta columna se muestran las longitudes de onda asignadas a estas transiciones en las tablas de intensidades de la ref. 17. Existen, sin embargo, en estas tablas líneas para las mismas longitudes de onda que los cálculos, pero se asignan a transiciones procedentes del nivel $4d' | 5/2 |_2$. Es decir,

Transición	$\lambda_{\text{vacío}} (\text{\AA})$	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA})$	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA}) 17 $
$4p 3/2 _1 - 4d' 5/2 _2$	6881.47	6879.6	6888.2
$4p 1/2 _1 - 4d' 5/2 _2$	6054.4	6057.7	6059.4

Hemos considerado que era un error en la transcripción de los resultados, hecho que no es de extrañar en unas tablas tan extensas, y hemos medido las líneas de 6888.2 y 6059.4 Å como

debidas a transiciones desde el nivel $4d' | 3/2 | 2$.

Las tablas más recientes (1973) de la ref. 18 confirman las hipótesis anteriores.

Las condiciones en las que se han realizado las medidas han sido: 30 eV para la energía de excitación y 8 a 35 mtorr para la presión.

Las curvas experimentales obtenidas se han ajustado con una sola componente exponencial que nos da un valor de la vida media de 223 ± 13 ns . Este resultado difiere de nuestros cálculos en un 15% y de los realizados por la ref. 32 en un factor 1.7 . El valor teórico para el nivel $4d' | 5/2 | 2$ es de 275.0 ns que es mayor que el calculado para el nivel $4d' | 3/2 | 2$.

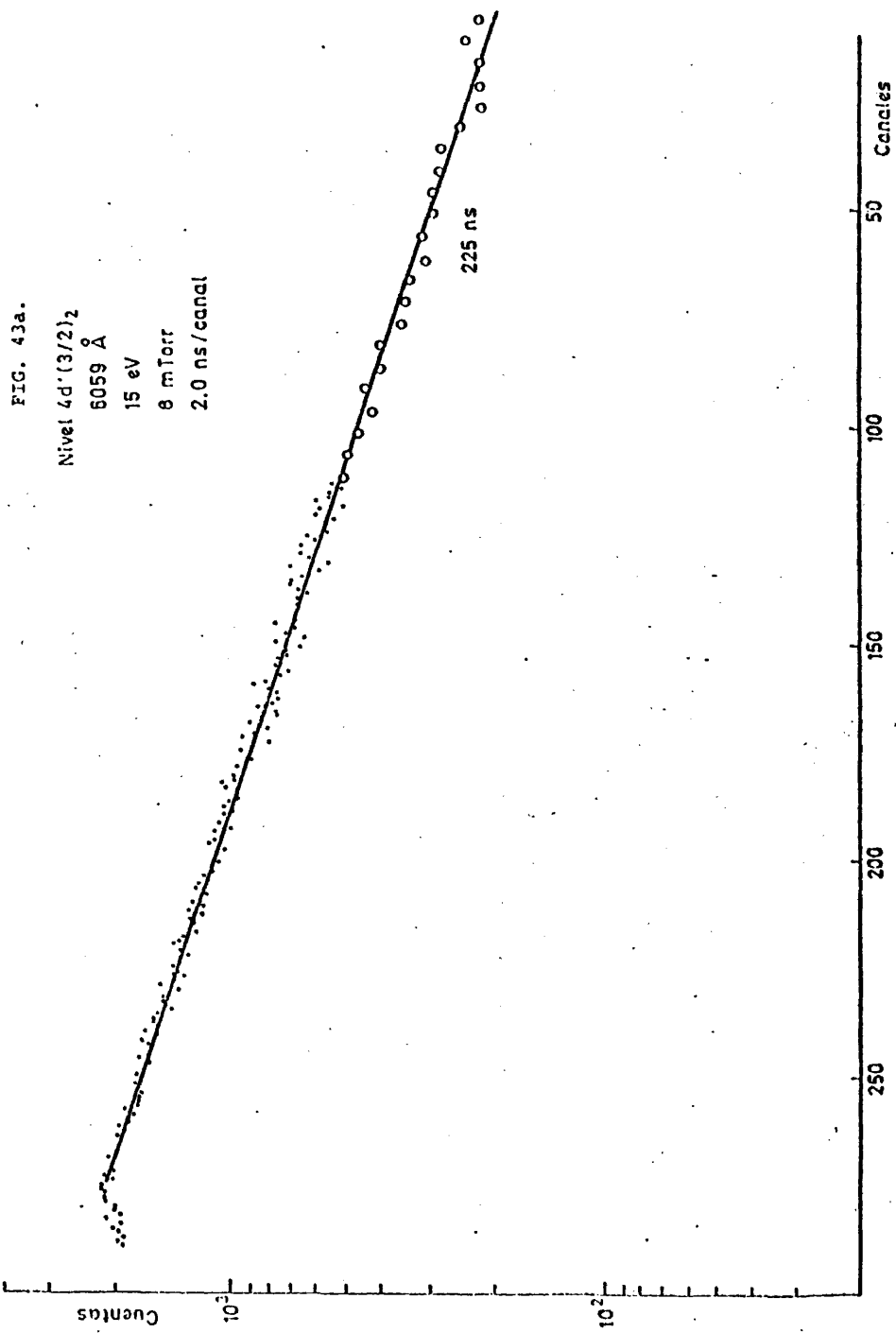
En las Figs. 43a y 43b se muestran las curvas experimentales obtenidas para la línea de 6059 \AA con el convertidor tiempo amplitud en los rangos de tiempo de 900 y 3500 ns respectivamente. En la Fig. 43c se muestra una de las curvas obtenidas para la línea 6888 \AA . Los resultados obtenidos estan en perfecto acuerdo tal y como se muestra en estas figuras.

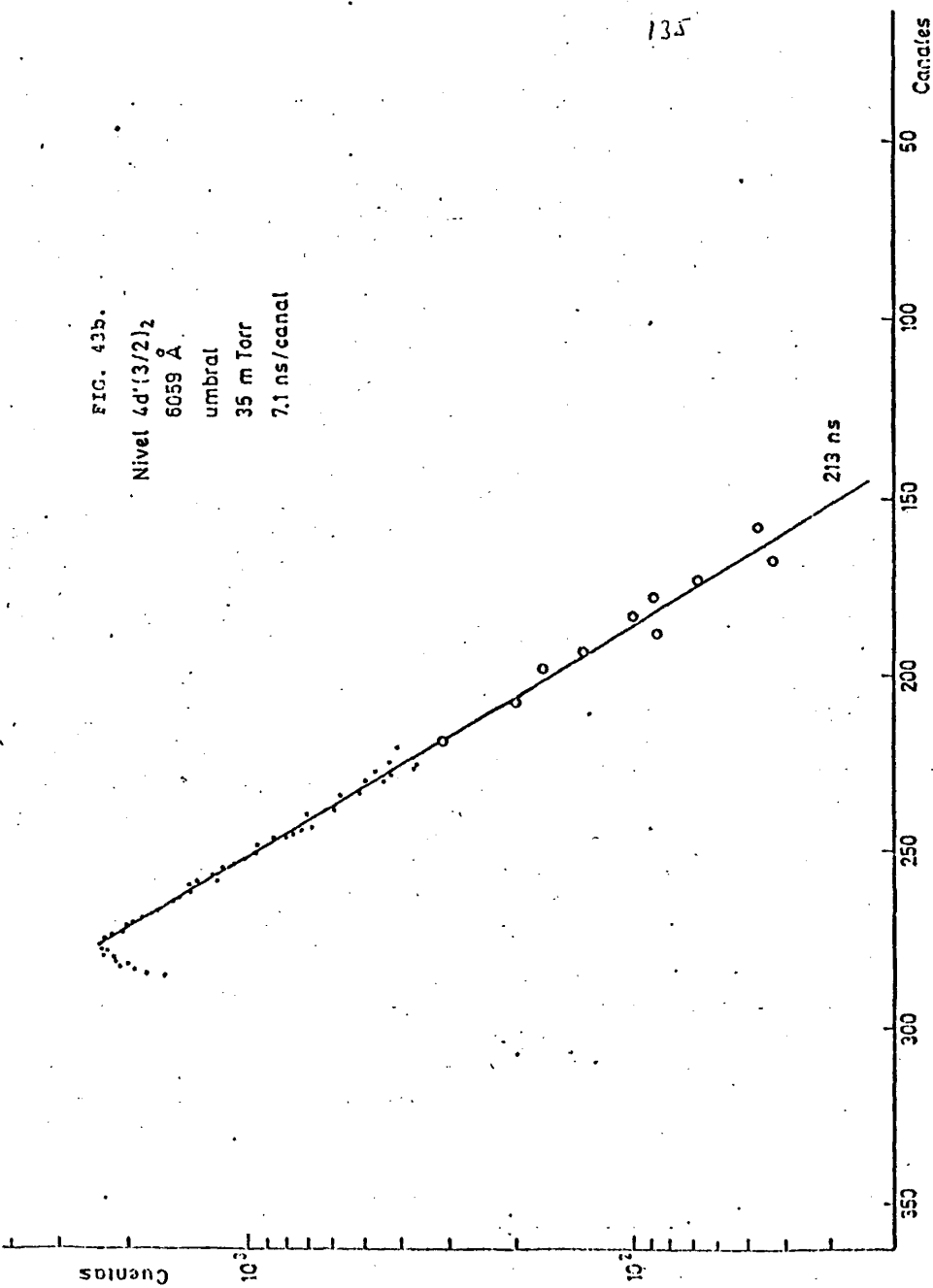
I.3.6.- Configuración $3p^5 5d$

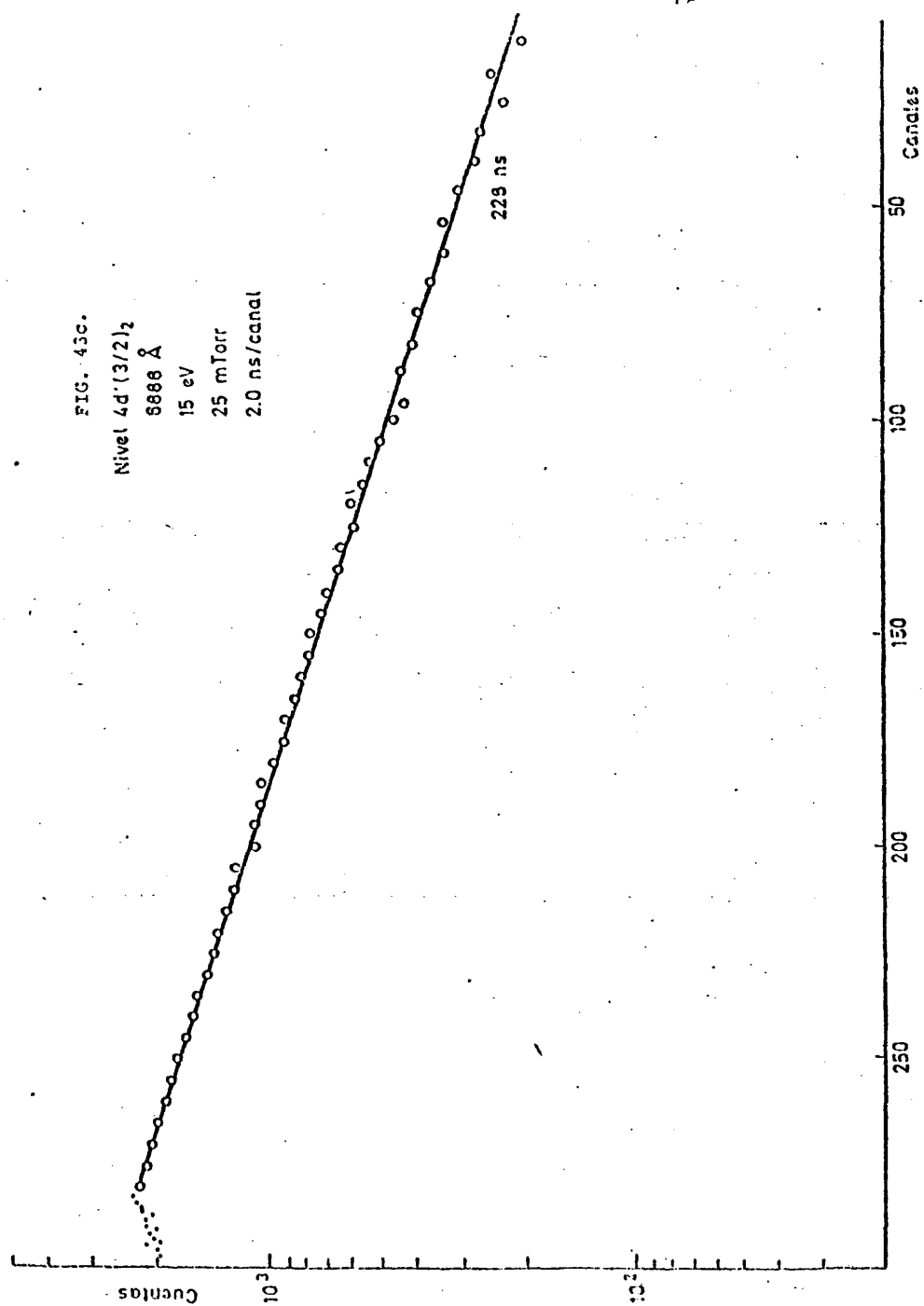
Se han medido todos los niveles no resonantes pertenecientes a esta configuración. Su nomenclatura y las energías experimentales de las mismas aparecen en la tabla de la siguiente hoja.

El estudio experimental de la vida media de estos nueve niveles se ha realizado a través de doce transiciones con longitudes de onda comprendidas entre 5188 y 6756 \AA .

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9. En esta tabla aparecen también las medidas realizadas por otros autores,







Notación Racah (jk)	Notación Paschen	Energías (cm ⁻¹) 12
5d 1/2 ₀	5d ₆	121794.158
5d 7/2 ₄	5d ₄ [']	122036.134
5d 7/2 ₃	5d ₄	122160.22
5d 3/2 ₂	5d ₃	122086.974
5d 5/2 ₂	5d ₁ ^{''}	122282.134
5d 5/2 ₃	5d ₁ [']	122329.72
5d' 5/2 ₂	5d ₁ ^{'''}	123505.536
5d' 5/2 ₃	5d ₁ ^{''''}	123557.459
5d' 3/2 ₂	5d ₁ ^{''}	123372.987

tales como B.Zurro et al. [39] y Yu.I.Malakhov y V.G.Potyomkin [33]. Dentro del margen de error dado para cada nivel y que varía entre un 1 y un 9% , el acuerdo con los resultados de la ref. 39 es bueno. Las diferencias con la ref. 33 para el nivel 5d|1/2|₀ no son importantes (menores de un 19%) .

Hemos de destacar que para cinco de estos niveles, nuestros resultados experimentales son los primeros existentes en la literatura.

En la tabla 9 se presentan también los cálculos realizados por nosotros utilizando aproximación de Coulomb para la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento jk puro para su parte angular.

Existen también para estos niveles los cálculos teóricos realizados por P.F.Gruzdev y A.V.Loginov [32] usando funciones radiales de Hartree-Fock y acoplamiento intermedio para la parte angular de la probabilidad de transición. En la tabla se presenta los datos obtenidos por estos autores considerando mezcla de configuraciones r_{MC} y la media geométrica de los cálculos realizados para una sola configuración en las aproximaciones de longitud

Tabla 9 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 3d$.

NIVEL		VALORES EXPERIMENTALES			VALORES TEORICOS	
Notación Paschen	Notación Paschen	Línea λ (Å)	Esta Trabajo	Ref. 39	Ref. 38	(JK)
$5d(1/2)_0$	$5d_6$	5651	116±8	110±7	140±14	127 1596 352
$5d(7/2)_4$	$5d_4$	6032	255±10	242±15		218 1443 1487
$5d(7/2)_3$	$5d_4$	5987	320±13			337 1284 1240
$5d(3/2)_2$	$5d_3$	6756 6248 5559	205±15		70±7	437 1371 631
$5d(5/2)_2$	$5d_1$	5999	330±30			582 1120 954
$5d(5/2)_3$	$5d_1$	6212	475±5			592 1050 843
$5d'(5/2)_2$	$5d_1''''$	5739	227±9			235 1166 514
$5d'(5/2)_3$	$5d_1''''$	5572	247±7			275 1181 1083
$5d'(3/2)_2$	$5d_1''$	6216 5188	134±4	135±5		146 1276 1221

λ_{av} representa la media geométrica de los valores obtenidos en la aproximación de la velocidad y de la longitud del dipolo.

λ_{vc} valores calculados considerando interacción de configuraciones.

y velocidad del dipolo.

Comparando estos cálculos en IC con nuestros resultados observamos que sus resultados son superiores a los nuestros en todos los casos. Podemos afirmar que en ciertos casos los cálculos considerando interacción de configuraciones se aproximan más a los nuestros. Veamos como ejemplo el caso del nivel $5d|1/2|_0$ para el que existen tres resultados experimentales. Estos resultados se mantienen en torno a 120 ns, el valor teórico en jk es de 127 ns, los valores encontrados por estos autores son $\tau_{MC} = 352$ ns y $\tau_{rv} = 1096$ ns.

Hay que tener en cuenta que a pesar de suponer el acoplamiento intermedio una mejora sobre el acoplamiento jk , estos autores han utilizado un método para la obtención de las partes radiales de la probabilidad de transición distinto del método semiempírico de la aproximación de Coulomb.

Un caso análogo a éste se ha encontrado en los trabajos realizados en este grupo para las configuraciones nd del Kr I $|4|$. Cálculos posteriores en IC realizados por otros autores para este elemento concuerdan con los valores experimentales medidos.

Por tanto, estimamos que son necesarios nuevos cálculos en IC para poder comparar los resultados teóricos con los experimentales. Hemos de resaltar la dificultad de obtener resultados teóricos fiables para las configuraciones nd por ser niveles con una probabilidad alta de estar mezclados con niveles ns (para $J = 0, 1, 2$).

Nivel $5d|1/2|_0$

Se ha medido la vida media del nivel $5d|1/2|_0$ a partir de la transición $4p|1/2|_1 - 5d|1/2|_0$ de longitud de onda 5650.7 Å e intensidad relativa 1500, según la ref. 17. La probabilidad

de transición para la línea estudiada es de $1.76 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$.

Las condiciones de medida se han variado, para la energía del haz electrónico desde el umbral de excitación hasta 35 eV y la presión del gas dentro de la cámara de 5 a 25 mtorr.

Las curvas experimentales, que nos dan la variación temporal de la población del nivel excitado en estudio, se han ajustado con dos exponenciales.

La componente más larga presentaba una amplitud entre diez y cinco veces menor que la componente principal debida a la desexcitación del nivel en estudio.

El estudio de esta componente rápida nos permite asignar a la vida media del nivel en estudio un valor de $116 \pm 8 \text{ ns}$. Valor que está en perfecto acuerdo con el obtenido por B.Zurro et al. [39] de $110 \pm 7 \text{ ns}$ y difiere en un 18% del obtenido por Yu.I.Malakhov y V.G.Polyomkin [33] de $140 \pm 14 \text{ ns}$. Es de señalar que los tres resultados han sido obtenidos por el método de coincidencias retardadas.

Los cálculos para este nivel dan en acoplamiento j_k un valor algo superior (9%) a los resultados experimentales. Resultados asombrosamente grandes, 1696 ns, aparecen en la ref. 32 para cálculos realizados considerando una sola configuración; en interacción de configuraciones el valor hallado es de 352 ns que supone discrepancias en un factor 3 con nuestro resultado experimental.

En las Figs. 44a y 44b se muestran dos curvas típicas de desexcitación de este nivel obtenidos con los convertidores de 900 y 3500 ns respectivamente.

FIG. 44a.

Nivel 5d (1/2) λ_0
5651 Å
Umbrel
20 mTorr
2.0 ns/canal

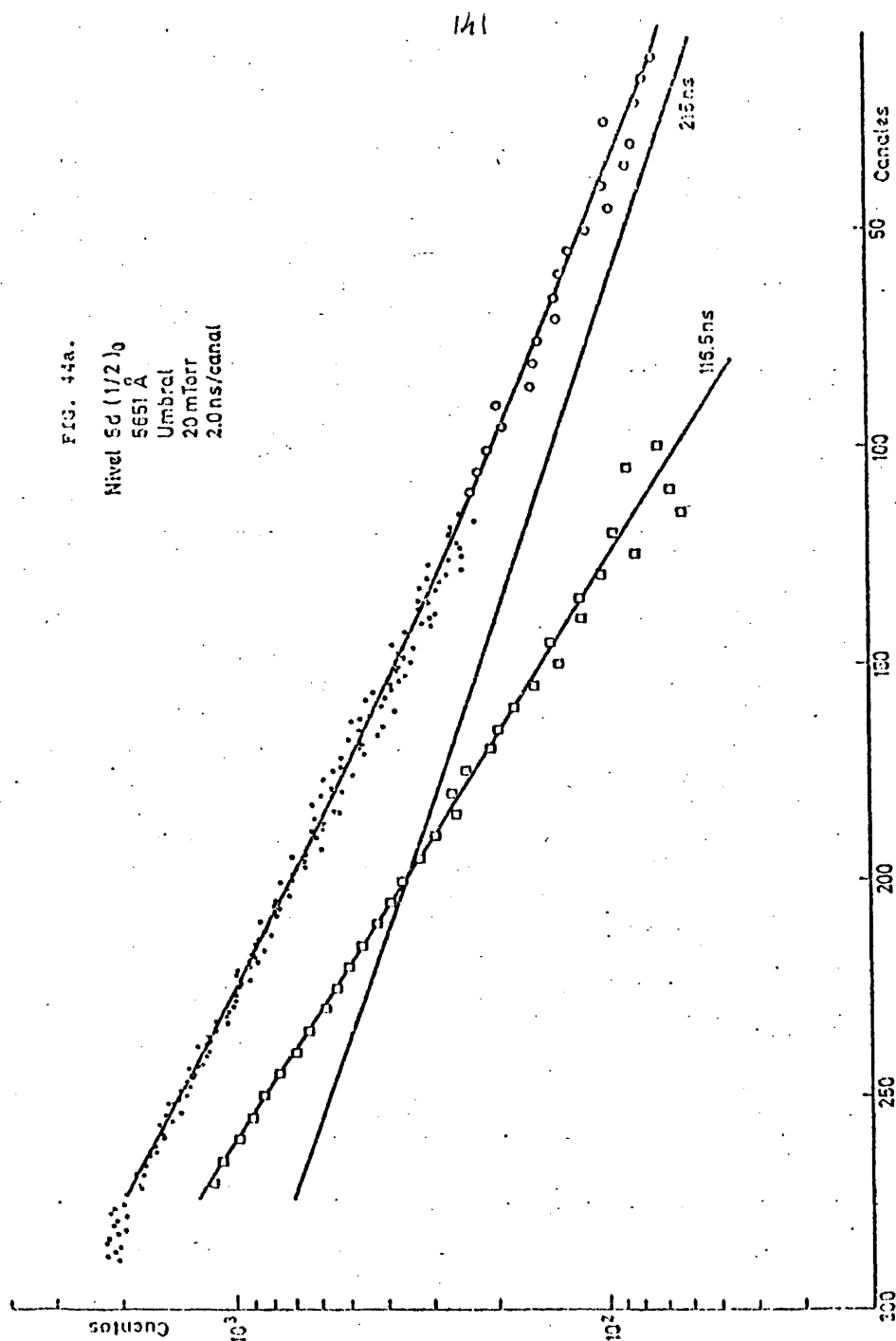
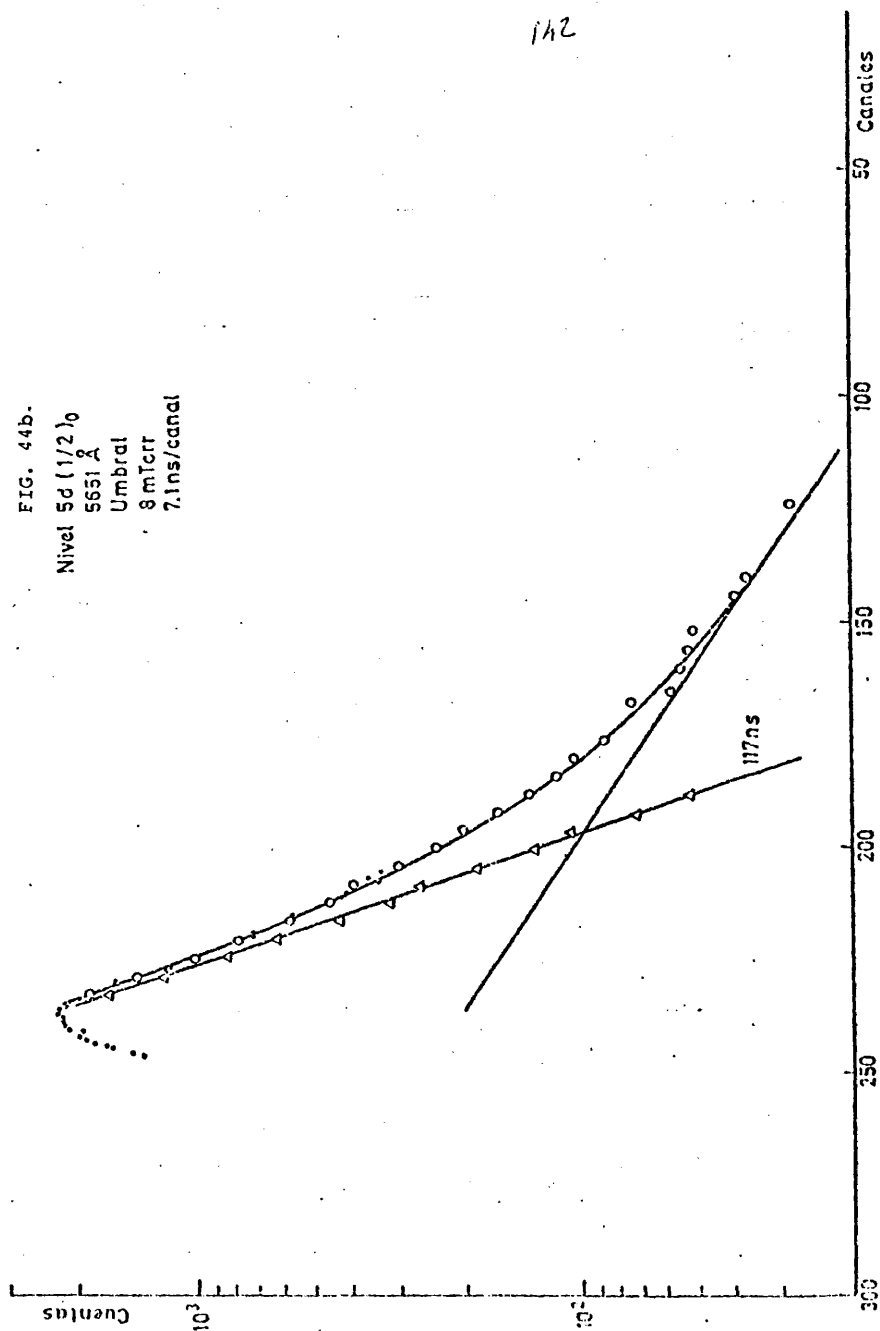


FIG. 44b.
 Nivel 5d (1/2)₀
 5651 Å
 Umbral
 8 mTerr
 7.1ns/canal



Nivel $5d|7/2|_4$

La vida media de este nivel se ha medido a través de la transición $4p|5/2|_3 - 5d|7/2|_4$ de 6032 \AA de longitud de onda. Unica transición que partiendo de este nivel tiene su longitud de onda en el espectro visible. La intensidad relativa asignada a esta línea en las tablas de la referencia 17 es de 60 ; sin embargo, la relación señal-ruido obtenida en nuestro espectro óptico era suficientemente buena como para permitir realizar medidas, algunas con energías próximas al umbral de excitación (15.13 eV) y presiones de 4 mtorr .

Las condiciones de medida se han variado desde energías del haz electrónico de 15 hasta 31 eV y desde presión del gas de 3 a 20 mtorr .

Las curvas experimentales obtenidas se ajustaban en todos los casos con una sola exponencial que nos daba directamente la vida media del nivel de interés, cuyo valor es $255 \pm 10 \text{ ns}$. Este resultado está en perfecto acuerdo, dentro del error experimental con el obtenido por B.Zurro et al. [39] con un dispositivo experimental semejante. El valor calculado en aproximación de Coulomb y acoplamiento j_k puro es de 218 ns , es decir, difiere en un 16% de nuestro resultado experimental. Los cálculos realizados por la ref. 32 para este nivel dan valores de 1443 y 1487 ns en aproximación de una configuración y de interacción de configuraciones respectivamente.

En las Figs. 45a y 45b se muestran dos curvas típicas de la desexcitación de este nivel obtenidas con el convertidor tiempo-amplitud para rangos de 900 y 3500 ns . Los resultados obtenidos con ambos convertidores están de acuerdo dentro del error experimental, que para este nivel es de un 4%.

Por desexcitación radiativa, este nivel pasa preferentemente a niveles $np|5/2|_3$ y nf . Considerando la regla de la suma

FIG. 45a.

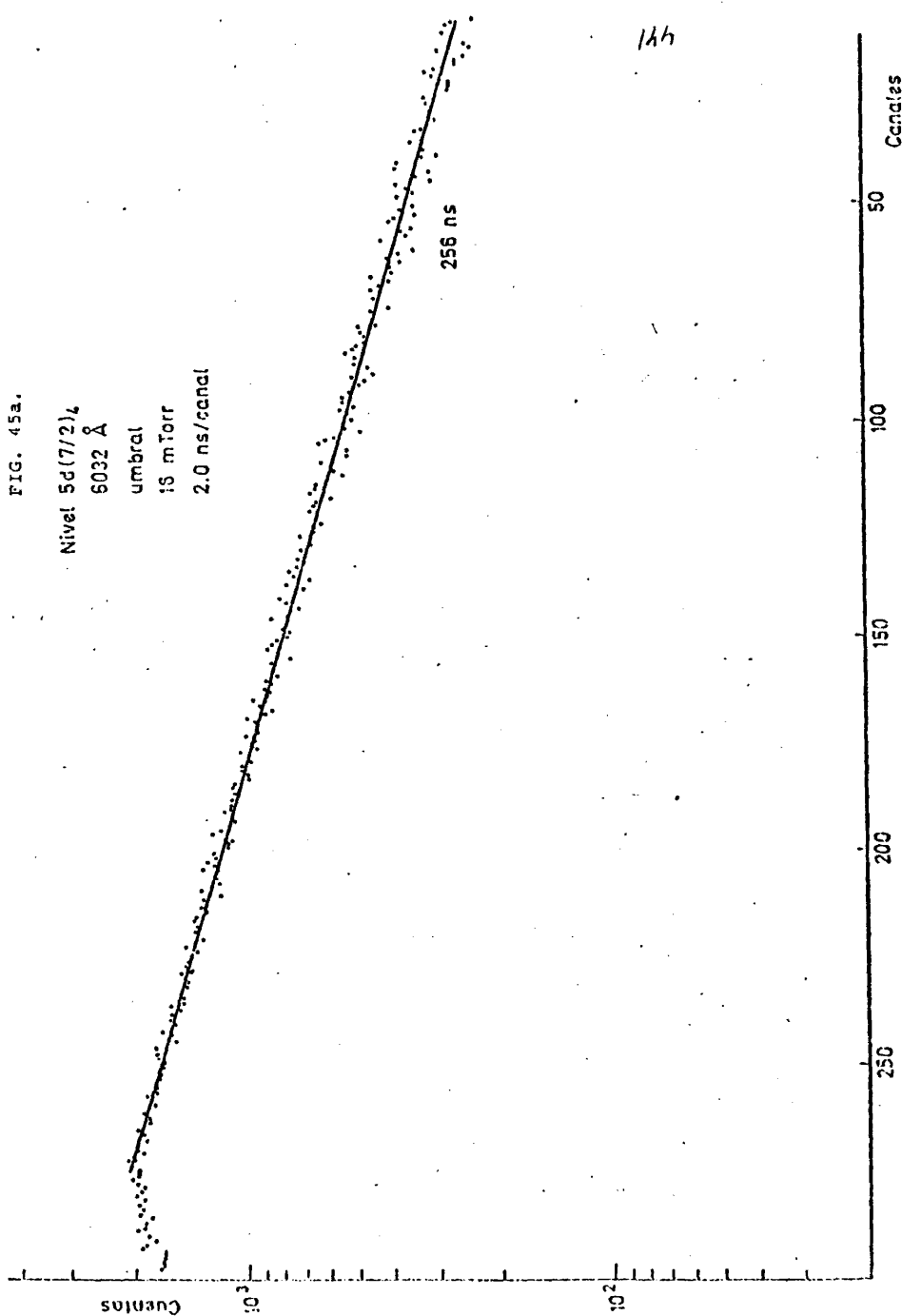
Nivel 5d(7/2)_{1/2}

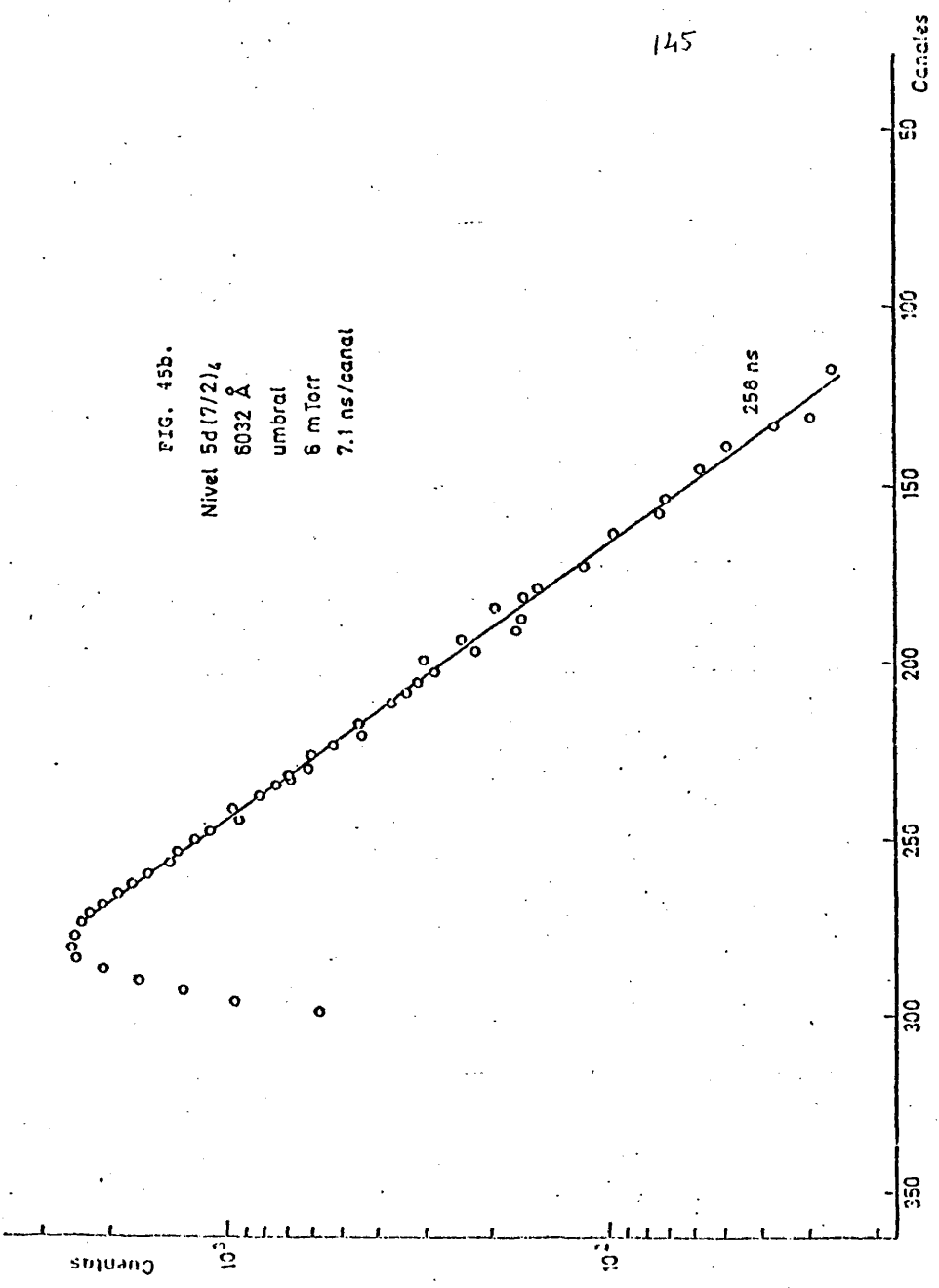
6032 Å

umbral

15 mTorr

2.0 ns/canal





para el grupo J (ver nivel $4d|7/2|_4$) podremos comparar las probabilidades de transición teóricas y experimentales y así obtener información sobre la validez de la aproximación empleada. Unicamente existen valores experimentales para la transición $4p|5/2|_3 - 5d|7/2|_4$. Así el obtenido por W.L.Wiese et al [20] es de $2.46 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y por I.Bues et al. [42] es de $(2.13 \pm 0.32) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. El valor teórico obtenido por nosotros para esta transición es de $3.29 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ considerando para cada nivel su energía experimental. Este valor es superior a lo esperado, pero hemos de tener en cuenta que el valor de la vida media teórica es menor en un 16% que el valor del resultado experimental.

Nivel $5d|7/2|_3$

El estudio temporal de la desexcitación de este nivel se ha realizado a través de la transición $4p|5/2|_3 - 5d|7/2|_3$ de 5987.3 \AA de longitud de onda. La baja relación señal-ruido de esta línea nos ha obligado a trabajar a altas presiones y corriente en pico elevada. A pesar de todo, los tiempos de acumulación han sido largos. Las condiciones experimentales se han variado entre 10 y 30 mtorr para la presión del gas en la cámara y energías de excitación entre 17 y 27 eV.

Las curvas experimentales obtenidas se han ajustado en todos los casos con una exponencial simple obteniéndose un valor para la vida media de $320 \pm 13 \text{ ns}$. Este resultado experimental es el primero existente en la literatura para este nivel. Este resultado difiere en un 5% del valor calculado en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro. Discrepancias en un factor 3.9 se encuentran con los cálculos de la ref. [32].

En la Fig. 46 se muestra una de las curvas experimentales obtenidas en el convertidor de 900 ns y en las condiciones especificadas en la figura.

FIG. 46

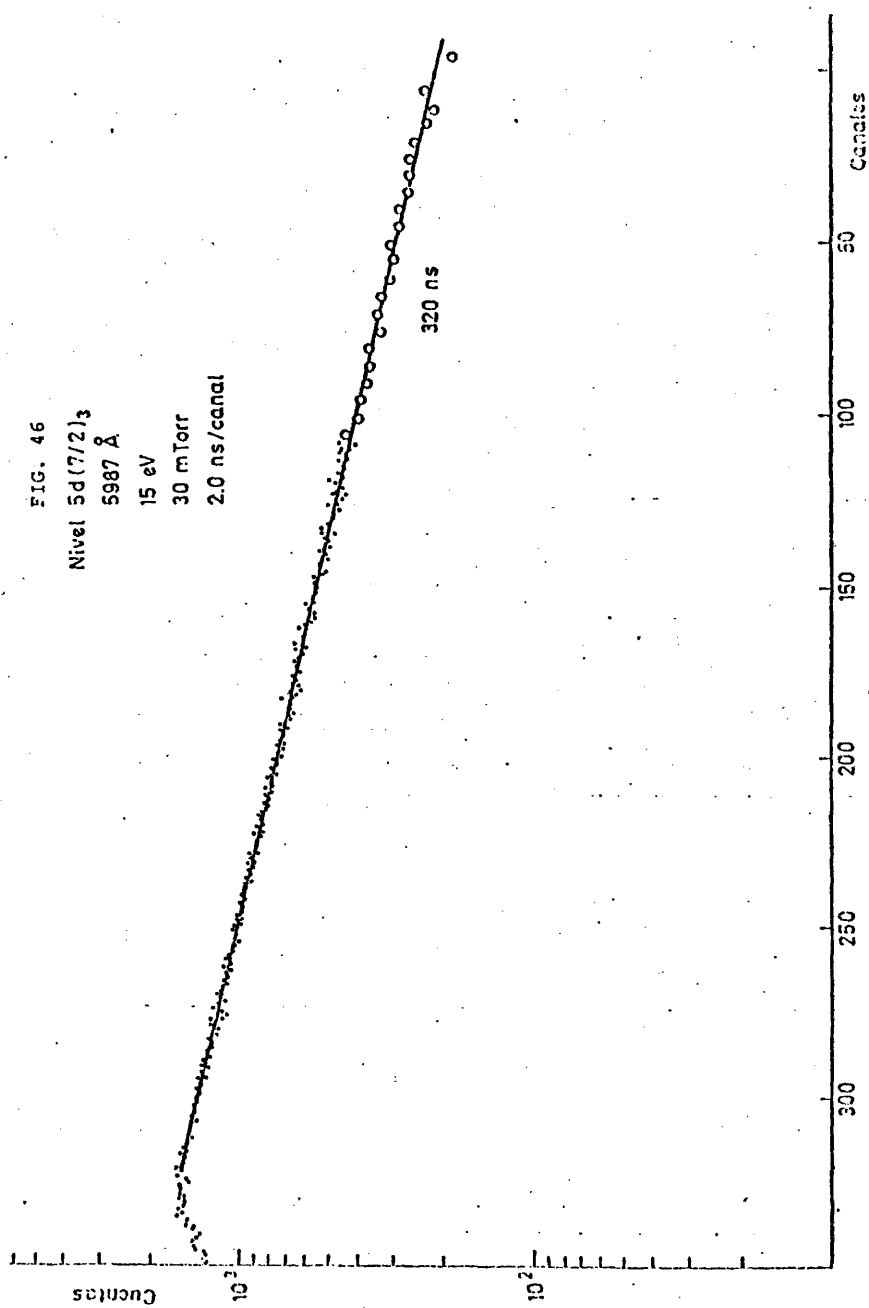
Nivel 5d(7/2)₃

5987 Å

15 eV

30 mTorr

2.0 ns/canal



187

Nivel $5d|3/2|_2$

Tres transiciones se han utilizado para la determinación de la vida media de este nivel. En la tabla siguiente se presentan las transiciones elegidas:

Transición	$\lambda_{\text{aire}} (\text{\AA})$	I 17	I 18	$\lambda_{\text{proxima}}^{\circ} (\text{\AA}) (I_{17})$
$4' 3/2 _2 - 5d 3/2 _2$	6756.1	100	11	6752.8 (100)
$4p 3/2 _1 - 5d 3/2 _2$	6248.4	15	8	-
$4p 1/2 _1 - 5d 3/2 _2$	5558.7	500	16	5559.6 (200)

Como es lógico se iniciaron las medidas estudiando la línea de 6248.4 \AA . Se realizaron medidas para energías de excitación comprendidas entre 18 y 23 eV y presiones del gas comprendidos entre 10 y 20 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas se ajustaban con una sola exponencial dando valores de la vida media entre 190 y 198 ns. Para poder realizar medidas a energías próximas al umbral de excitación y presiones bajas se estudió la línea de 5558.7 \AA . La proximidad de la línea de 5559.6 \AA correspondiente a la transición $4p' |3/2|_1 - 6d' |5/2|_2$ nos llevó a hacer un estudio previo de la vida media de este nivel a partir de la línea aislada de 5127.8 \AA . El valor encontrado era de $295 \pm 10 \text{ ns}$.

A continuación se estudió en el máximo la línea de $5558.7 + 5559.5 \text{ \AA}$ para energías que iban desde el umbral de excitación hasta 21 eV y para presiones del gas comprendidas entre 1.5 y 15 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas se ajustaban con dos componentes exponenciales, la más larga y de menor intensidad (como era de esperar según la relación de intensidades dada por la ref. [17]) se le dio un valor de 295 ns. Se varió la contribución de esta componente hasta que la diferencia fuera una sola ex

ponencial que sumada a la anterior reproducen lo más exactamente posible la curva experimental (ajuste para mínimos cuadrados).

El valor obtenido para la componente rápida de amplitud entre 3 y 4 veces mayor que la componente lenta

$$(A_1 e^{-t/\tau_1} + A_2 e^{-t/\tau_2})$$

ha variado entre 220 y 205 ns .

Por ello hemos considerado oportuno asignar como vida media del nivel el valor medio de 205 ± 15 ns con el valor así en contrado, se utilizó la primera transición para determinar la vida media del nivel $4d|3/2|_2$ ya descrito.

Existe para este nivel un valor experimental dado por Yu. J. Malakhov y V. G. Potymkin [33] que utilizan en la excitación del gas partículas α y en la detección el método de coincidencias retardadas. El resultado obtenido por estos autores es un factor 3 inferior al nuestro que a su vez difiere de los cálculos teóricos en factores 2.1 para nuestros cálculos ($\tau = 437$ ns) y 6.7 ($\tau = 137$ ns) y 3.1 ($\tau = 631$ ns) para los obtenidos por la ref. [32]. Nuevamente observamos como los cálculos realizados por estos autores considerando mezcla de configuraciones se acercan más a los resultados experimentales; sin embargo, las diferencias son todavía notables.

En las Figs. 47a y 47b se muestran curvas típicas de desexcitación de este nivel obtenidos con el convertidor de 900 ns y a través de las líneas de 6248 \AA y 5559 \AA respectivamente.

En la Fig. 41a se muestra un ejemplo de la curva experimental obtenida en el estudio de la línea de $6753 + 6756 \text{ \AA}$.

FIG. 47a.

Nivel $5d(3/2)_{1/2}$

6248 Å

22 eV

10 m Torr

2.0 ns/canal

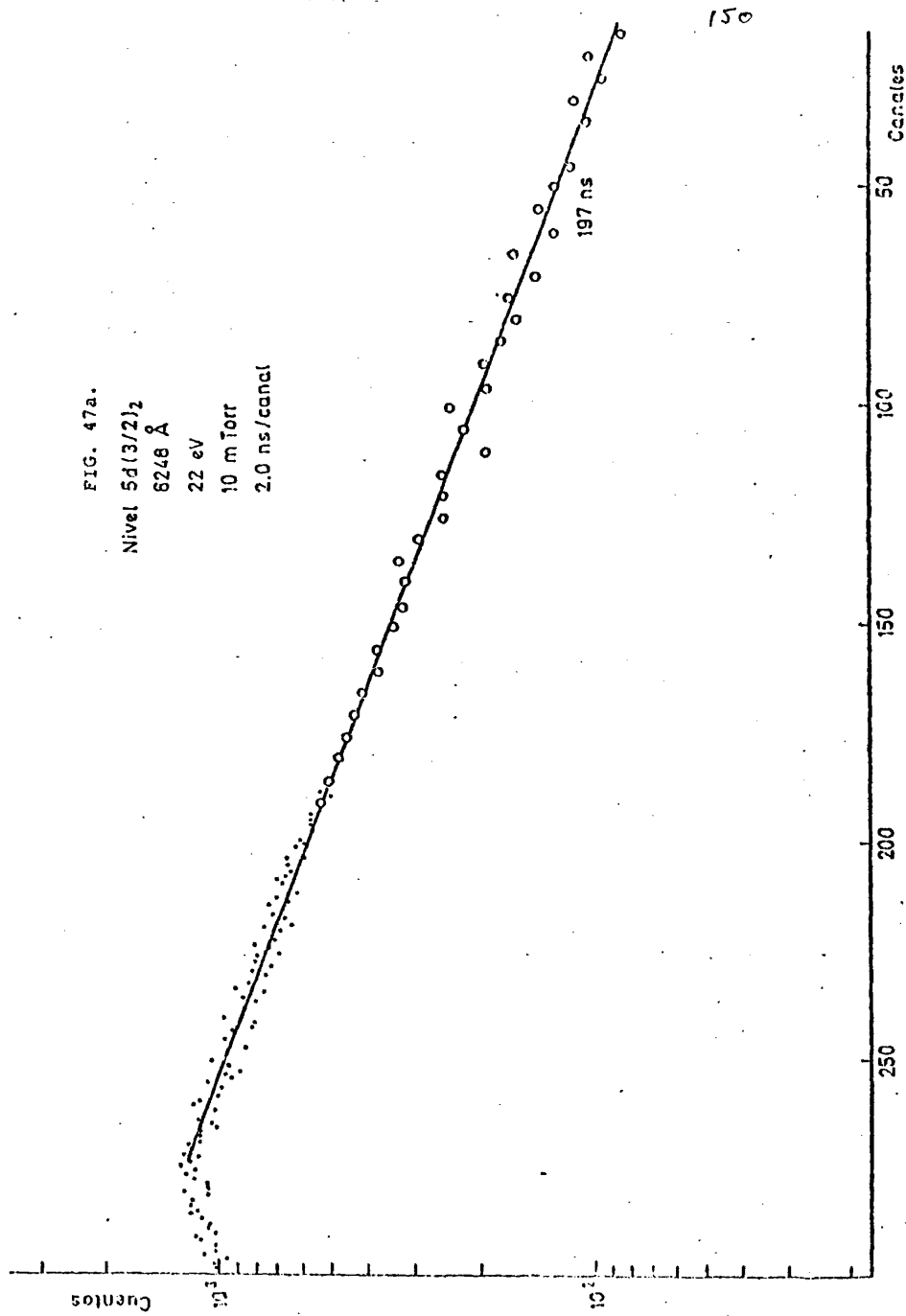
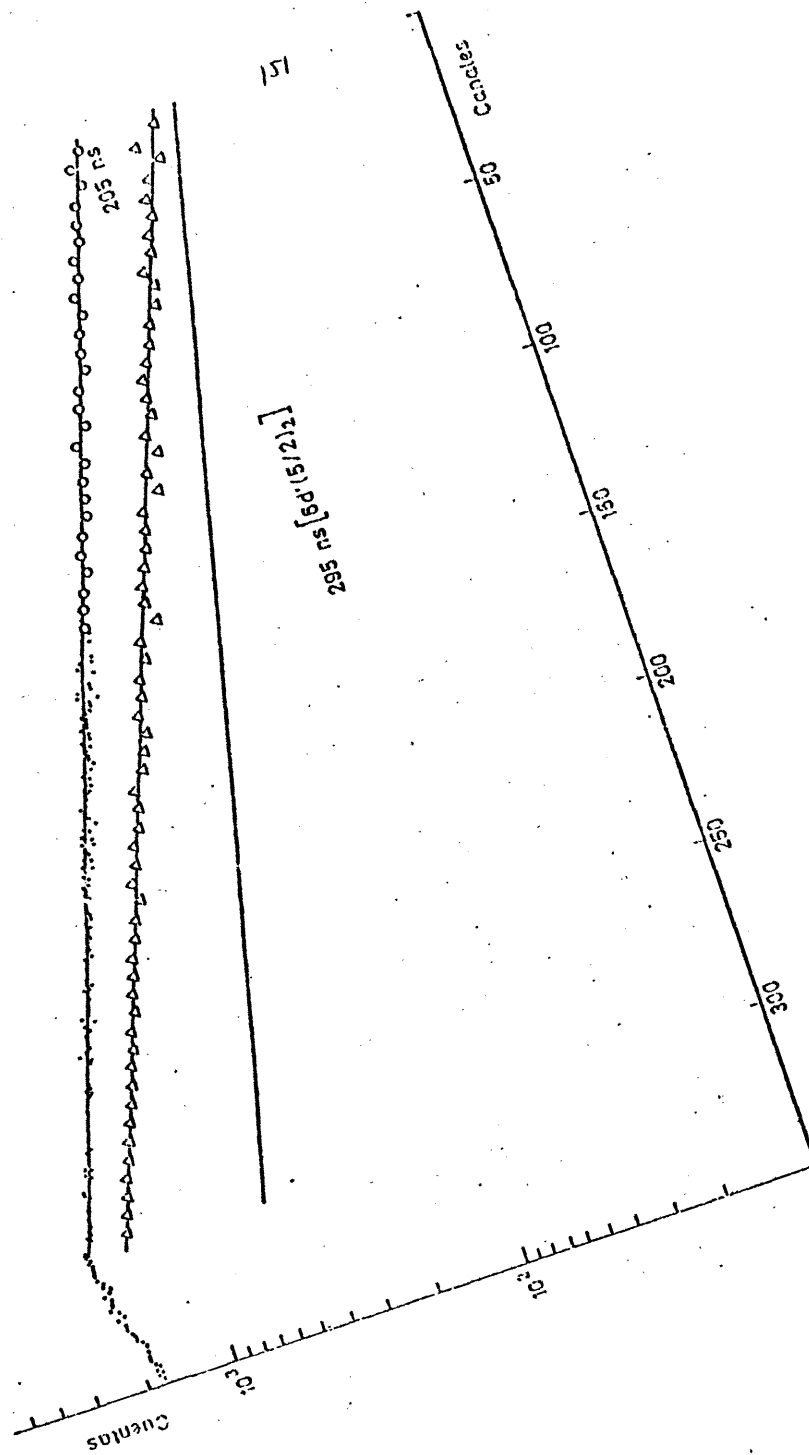


FIG. 47b.
 $\text{Ni}^{63} \text{ } \gamma$ -5559.8 Å
 5558.7 Å
 15 m Torr
 2.0 n s / channel



Nivel $5d|5/2|_2$

La vida media de este nivel se ha medido a través de la transición $4p|5/2|_2 - 5d|5/2|_2$ de 5999.0 \AA de longitud de onda, e intensidad 20 según las tablas de líneas espectrales de A.R.Striganov y M.S.Sventitskii [17].

La desexcitación espontánea del nivel se ha estudiado variando la energía del haz de excitación de 16 a 26 eV y la presión del gas de 7 a 30 mtorr .

Las curvas experimentales obtenidas con los convertidores de 900 y 3500 ns se han ajustado en todos los casos con una exponencial única que da un valor para la vida media de este nivel de $330 \pm 10 \text{ ns}$. Este valor es el que presenta un mayor error (9%) , de las medidas realizadas para los niveles de esta configuración.

Es éste el primer valor experimental encontrado en la literatura. Comparando con nuestros cálculos teóricos existen discrepancias en un factor 1,8 . Con los cálculos de la ref. [32] las diferencias son superiores a un factor 2.9 en ambas aproximaciones ($\tau_{rv} = 1120 \text{ ns}$ y $\tau_{MC} = 954 \text{ ns}$) .

En las Figs. 48a y 48b se muestran las curvas típicas obtenidas en el estudio de la desexcitación de este nivel y con rango en el convertidor tiempo-amplitud de 900 y 3500 ns .

Nivel $5d|5/2|_3$

El estudio de la vida media del nivel $5d|5/2|_3$ se ha realizado a través de la transición $4p|3/2|_2 - 5d|5/2|_3$ de 6212.5 \AA e intensidad según ref. [17] de 100 . Esta línea no se separa en el monocromador de la línea de 6215.9 \AA correspondiente a la transición $4p'|3/2|_2 - 5d'|3/2|_2$ e intensidad según la misma ref. [17] de 60 . Las probabilidades de transición calculadas en

FIG. 48a.

Nivel $5d(5/2)_2$

5939 Å

18 eV

7 m Torr

2.0 ns/canal

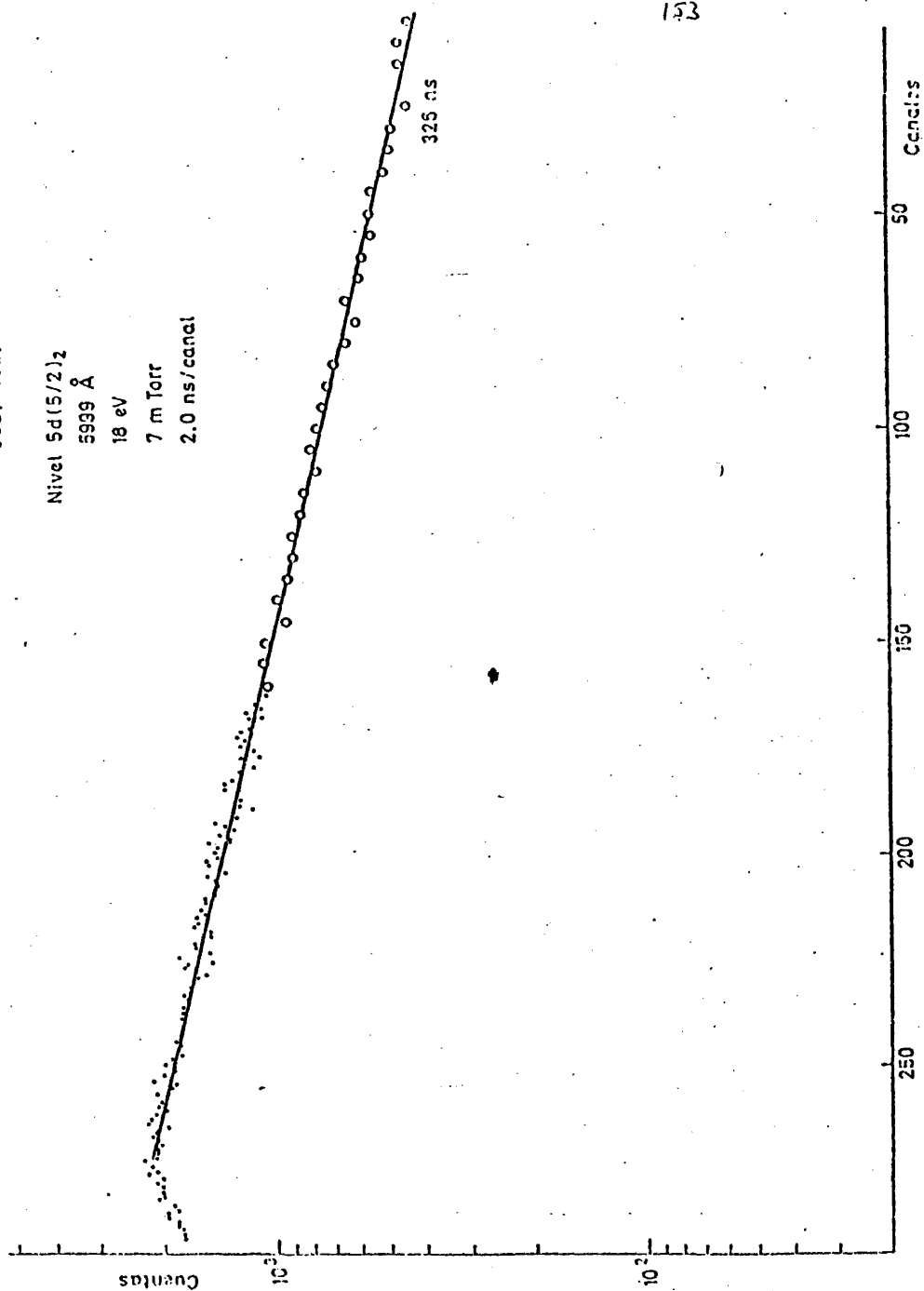


FIG. 48b.

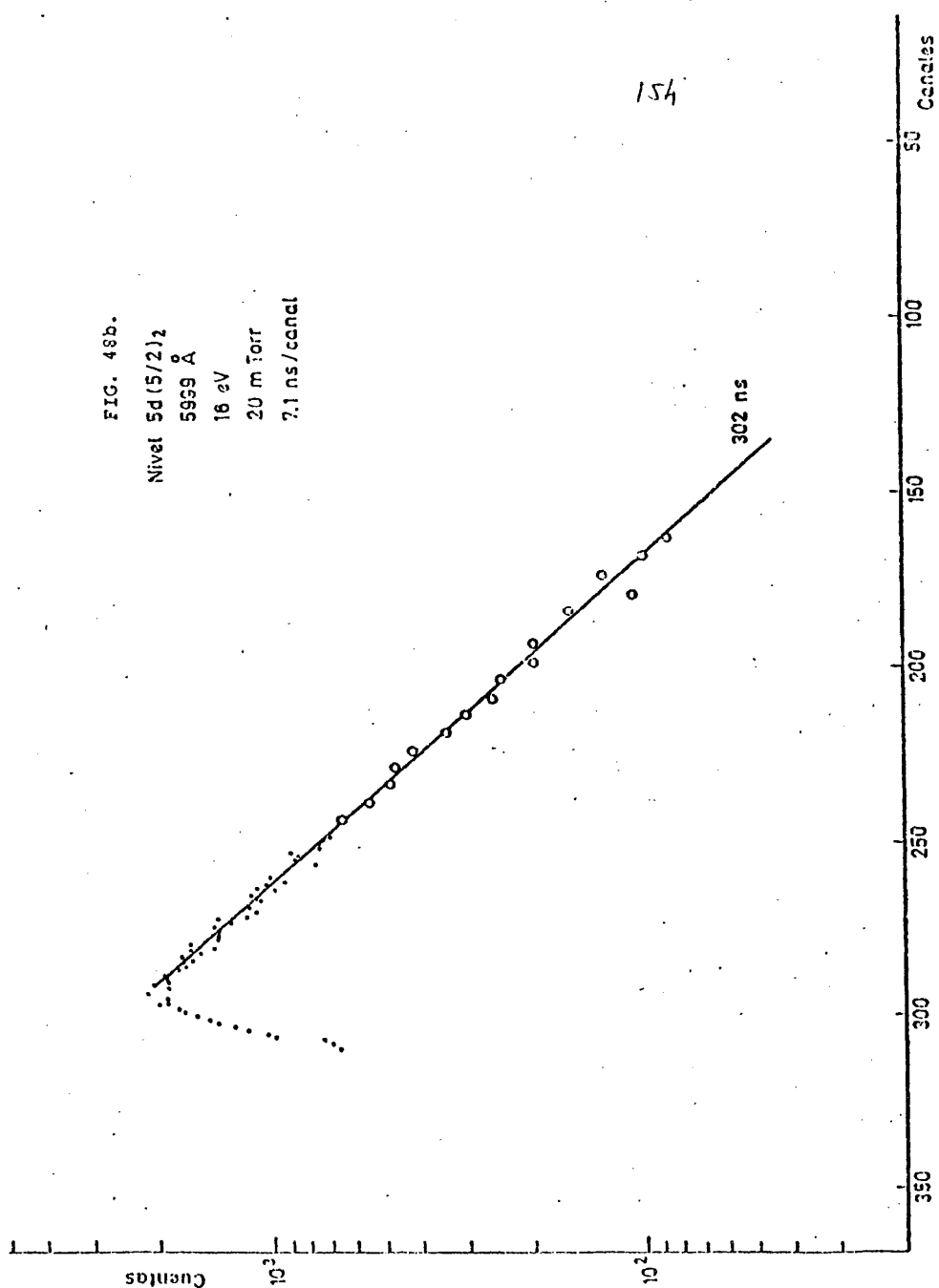
Nivel $5d(5/2)_2$

5959 Å

16 eV

20 m Torr

7.1 ns/canal



aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro son

$$A(4p_2 - 5d_3) = 0.5907 \times 10^6 \text{ s}^{-1} \quad \text{y} \quad A(4p'_2 - 5d'_2) = 0.8385 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$$

Pero, sin embargo, la transición $4p_2 - 5d_3$ es la más intensa de las que parten del nivel $5d|5/2|_3$ cumpliendo además que $\Delta l = \Delta J = \Delta K = +1$, mientras que la transición $4p'_2 - 5d'_2$ es la segunda más intensa de las que parten del nivel $5d'|3/2|_2$.

Las curvas experimentales se han obtenido variando la energía del haz de electrones desde valores próximos al umbral de excitación (15, 17 eV) hasta 27 eV y la presión del gas de 3 a 15 mtorr.

Debido a que no se puede considerar despreciable la influencia de la desexcitación del nivel $5d'|3/2|_2$, se ha medido previamente este nivel obteniéndose un valor para su vida media de $134 \pm 4 \text{ ns}$.

En el análisis de las curvas experimentales se ha restado una exponencial de vida media 134 ns y amplitud tal que la curva resultante fuese una exponencial para que nos diera la vida media del nivel en estudio. Para las medidas realizadas con el convertidor de 900 ns se ha encontrado una relación de amplitudes para estas dos componentes exponenciales de $1/3$ para la contribución del nivel $5d'|3/2|_2$ y $2/3$ para la del nivel $5d|5/2|_3$ que está en buen acuerdo con la relación de intensidades dada por la ref. [17].

Se han encontrado así valores para la vida media de este nivel comprendidas entre 470 y 480 ns para ambos rangos de tiempo del convertidor tiempo-amplitud. Ejemplos de las curvas experimentales obtenidas se muestran en las Figs. 49a y 49b.

El valor asignado a la vida media de este nivel es, pues, de $475 \pm 5 \text{ ns}$. La ausencia de resultados experimentales anteriores

FIG. 49a.

Nivel $5d(5/2)_{3/2}$
 $5212.5 \pm 6215 \text{ \AA}$
 umbral
 15 m Torr
 2.0 ns/canal

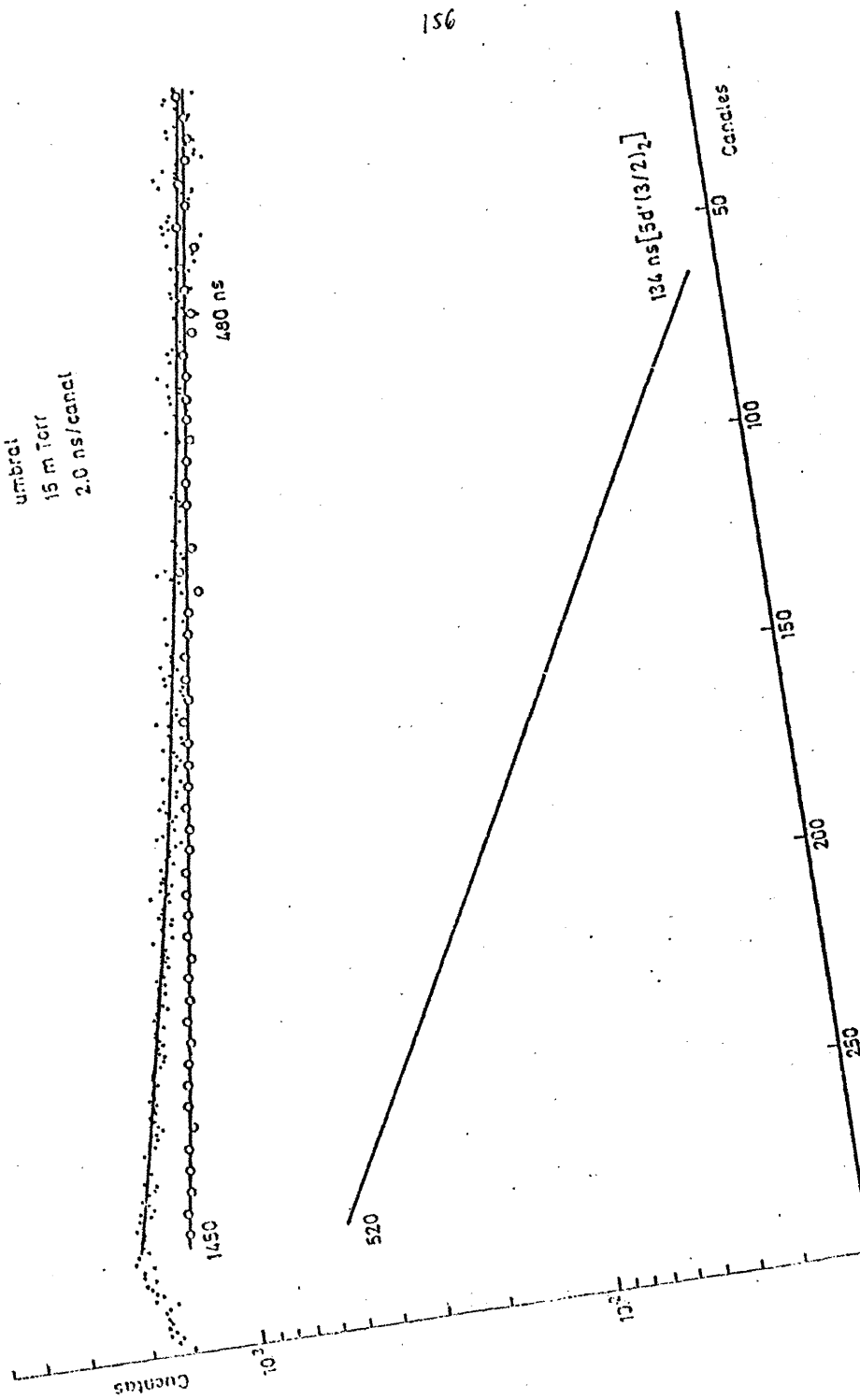


Fig. 49b.

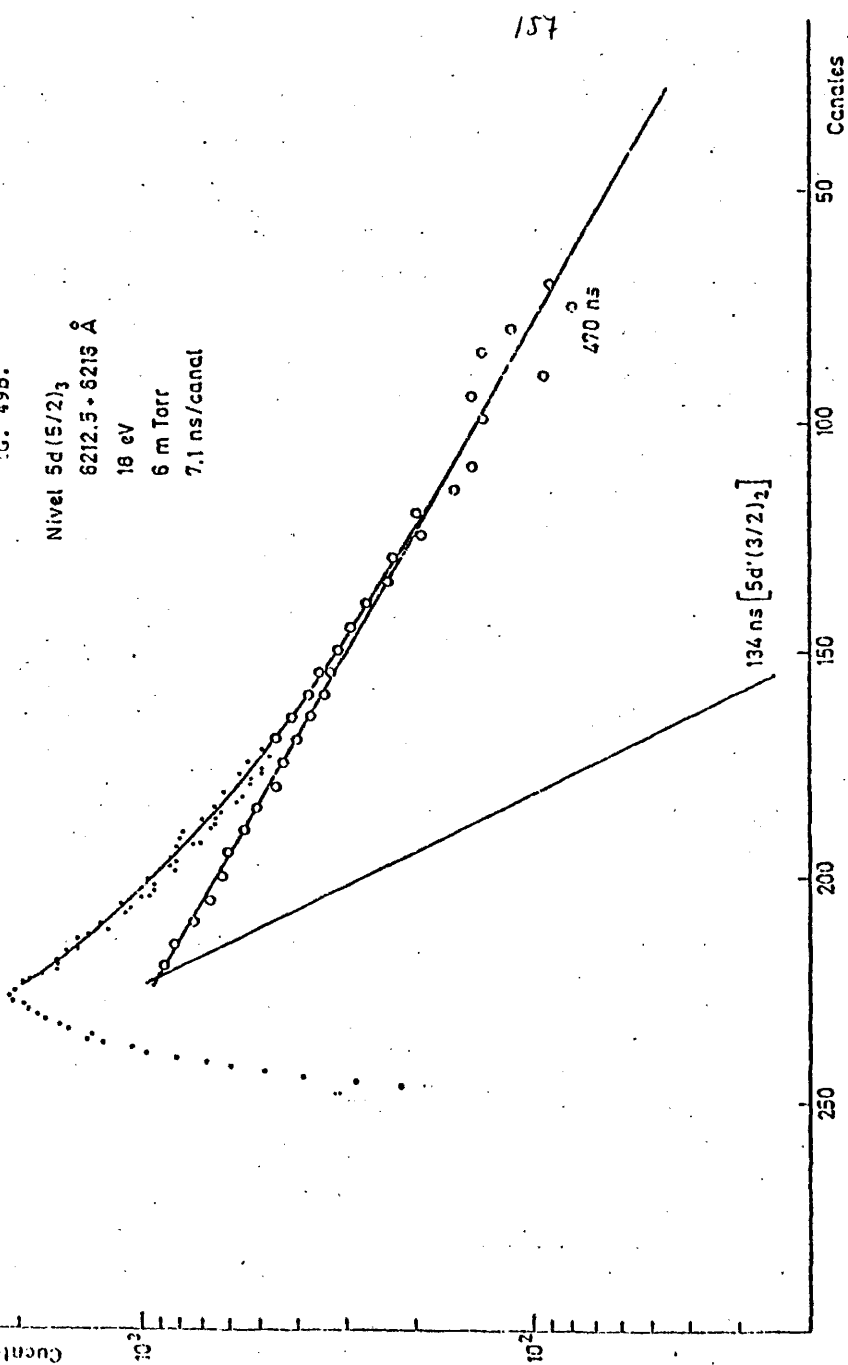
Nivel $5d(5/2)_{3/2}$

$6212.5 \pm 6215 \text{ \AA}$

16 eV

6 m Torr

7.1 ns/canal



nos lleva a compararlo únicamente con cálculos teóricos. El valor calculado por nosotros supera el experimental en un 22%. Discrepancias mayores se encuentran al comparar con los cálculos realizados por la ref. [32] y que obtienen para este nivel valores de 1050 ns y 848 ns considerando, en este último, caso interacción de configuraciones.

Nivel $5d' | 5/2 |_2$

El tiempo de desexcitación espontánea desde el nivel $5d' | 5/2 |_2$ se ha estudiado a partir de la línea de longitud de onda 5739.5 Å correspondiente a la transición $4p | 3/2 |_1 - 5d' | 5/2 |_2$. Las condiciones en que se han realizado las medidas han sido para la energía de excitación de 18 a 38 eV y para la presión del gas de 5 a 15 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas con el convertidor en los rangos de tiempo de 900 y 3500 ns se han ajustado con una exponencial única que nos da un valor para la vida media del nivel en estudio de 227 ± 9 ns. El valor teórico, obtenido utilizando aproximación de Coulomb para la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento jk para su parte angular, coincide con el resultado experimental dentro del margen de error asignado de un 4%.

Los cálculos de la ref. [32] en la aproximación de una sola configuración dan 1166 ns (superior en un factor 5 a nuestros resultados) y considerando interacción de configuraciones el valor es de 514 ns. En cualquier caso, son resultados excesivamente grandes.

En las Figs. 50a y 50b, se muestran dos curvas típicas de desexcitación de este nivel obtenidas con los convertidores en rango de tiempo de 900 y 3500 ns. Las condiciones experimentales en que fueron obtenidas son especificadas en dichas figuras.

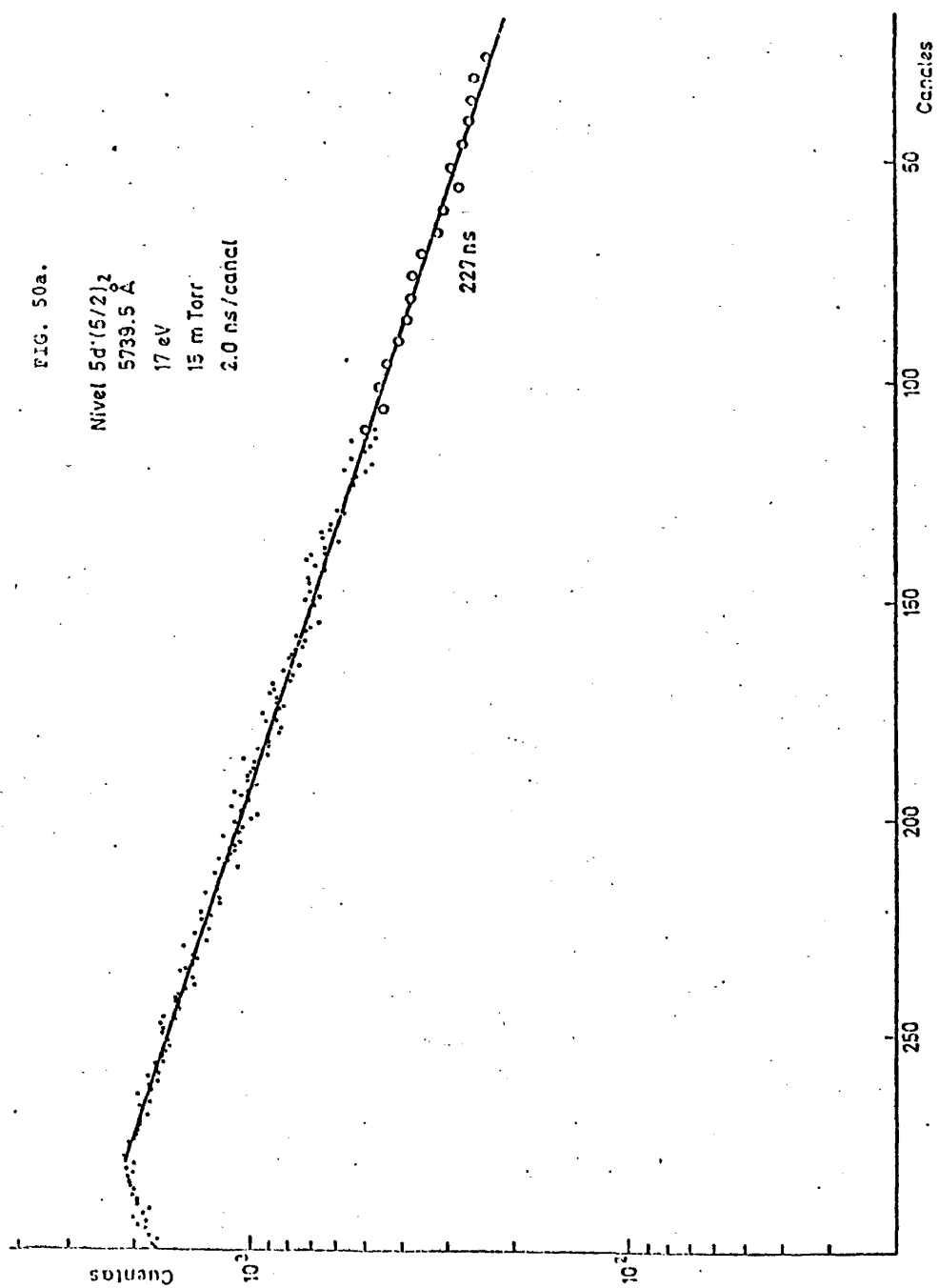
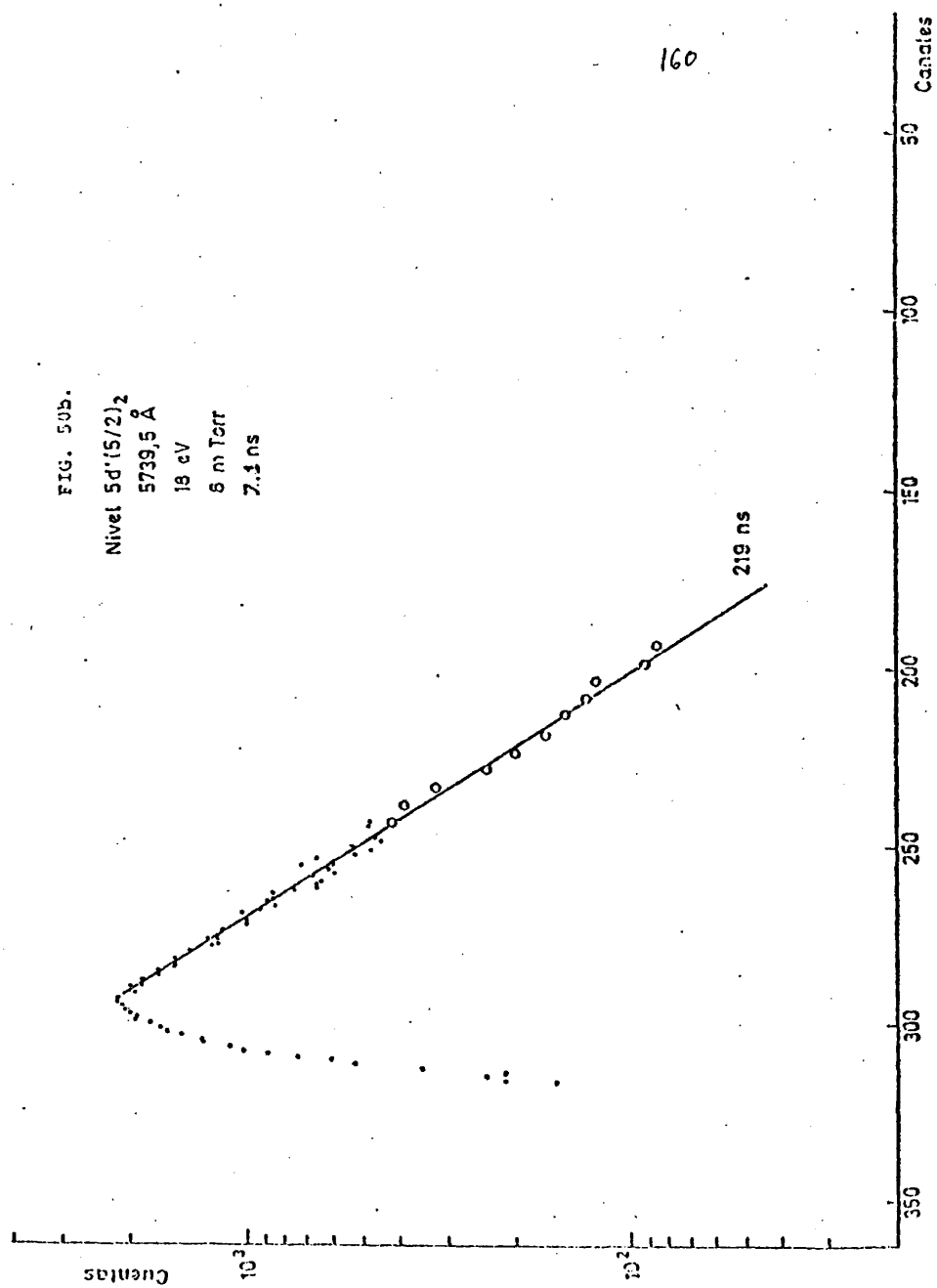


FIG. 50b.

Nivel $5d'(5/2)_2$
5739,5 Å
18 eV
8 m Torr
7.1 ns



Nivel $5d' | 5/2 |_3$

Para la medida de la vida media de este nivel hemos utilizado la transición $4p | 5/2 |_2 - 5d' | 5/2 |_3$ de 5572.5 \AA de longitud de onda. A pesar de ser una línea prohibida en acoplamiento jk puro, su intensidad según las tablas de lineales espectrales de la ref. [17] es de 500.

A energías superiores a 26 eV aparecía en la curva experimental una componente rápida debido a la proximidad de las líneas $5577 + 5578 \text{ \AA}$ del Ar II . Por eso, las condiciones de medida se han variado excitando el gas desde energías próximas al umbral de excitación ($15,32 \text{ eV}$) hasta 22 eV y la presión del gas de 4 a 40 mtorr .

Las curvas experimentales obtenidas se ajustan todas, para las condiciones de medida mencionadas, por una sola exponencial cuyo análisis nos ha dado un valor de la vida media para el nivel $5d' | 5/2 |_3$ de $247 \pm 7 \text{ ns}$. Este valor con un 3% de error experimental difiere en un 11% de valor calculado (275 ns) considerando aproximación de Coulomb para las funciones radiales y acoplamiento jk puro. Valores de 1181 y 1088 ns para la vida media de este nivel aparecen en la ref. [32], calculados en las aproximaciones de una sola configuración e interacción de configuraciones respectivamente.

En las Figs. 51a y 51b se muestran ejemplos de las curvas experimentales obtenidas para la desexcitación de este nivel medidas con el convertidor tiempo-amplitud en rangos de 900 y 3500 ns . Las curvas de desexcitación mostradas han sido obtenidas para energías de excitación iguales y a presiones próximas. Los valores encontrados coinciden exactamente.

Nivel $5d' | 3/2 |_2$

El estudio de la vida media de este nivel presentaba un

FIG. 51a.

Nivel $5d'(5/2)_3$

5572 Å

16 eV

9 m Torr.

2.0 ns

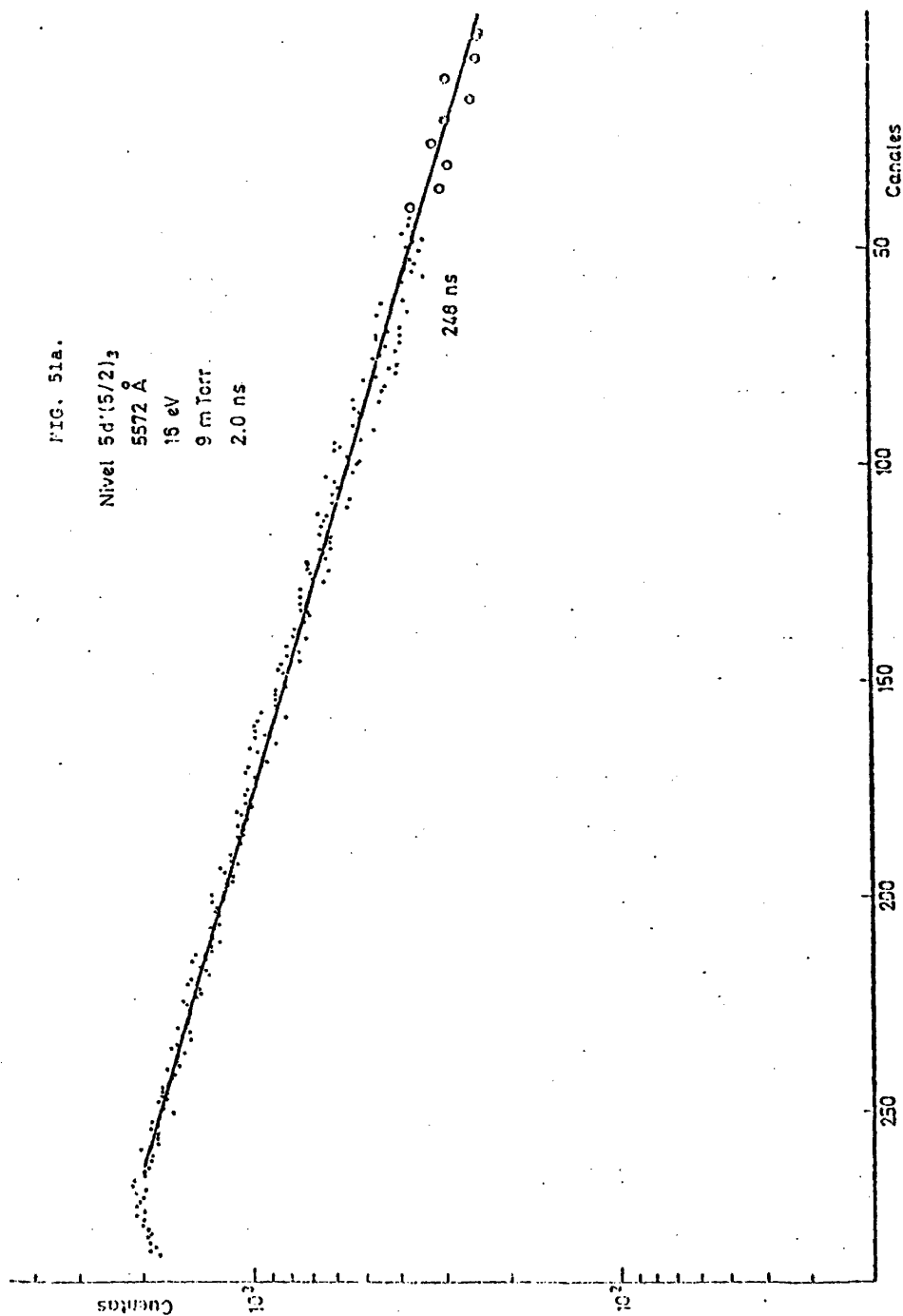


FIG. 51b.

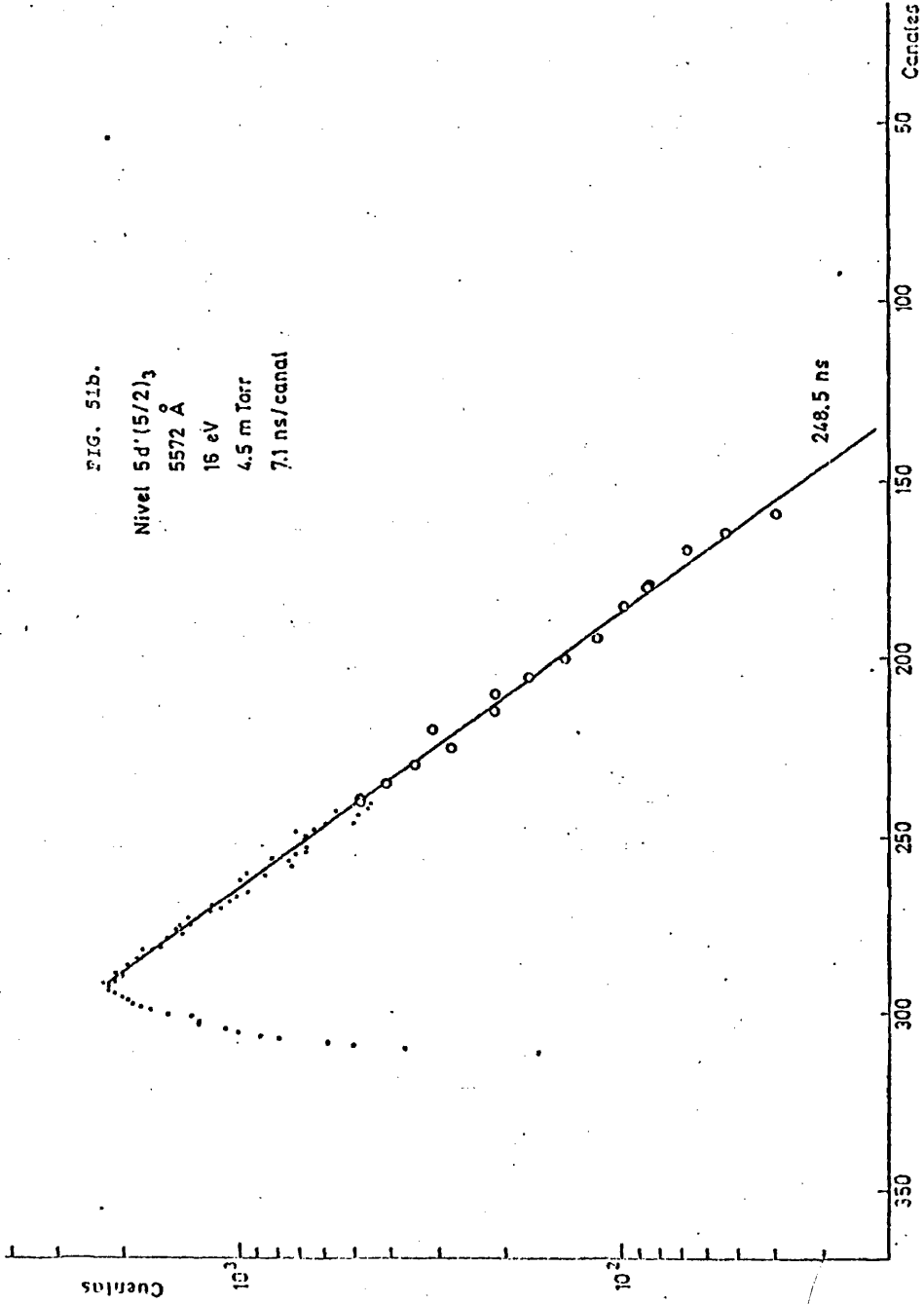
Nivel 5d'(5/2)₃

5572 Å

16 eV

4.5 m Torr

7.1 ns/canal



doble interés. Por una parte, el propio, debido al estudio del nivel, por otra, la posibilidad de estudiar posteriormente el nivel $5d|5/2|_3$ a través de la línea mezcla de $6212.5 + 6215.9 \text{ \AA}$.

El nivel $5d'|3/2|_2$ se ha podido estudiar a través de la transición $4p|1/2|_1 - 5d'|3/2|_2$ de 5187.7 \AA . Línea prohibida en acoplamiento jk que presenta una intensidad de 800 según la ref. [17]. Próxima a esta línea se encuentra la línea de 5192.72 \AA correspondiente a la transición $4p|5/2|_3 - 7d|5/2|_3$ de intensidad 60 según la misma ref. [17], la diferencia de intensidades para estas dos transiciones nos permite despreciar la contribución de la segunda. De no ser así, la diferencia de valores teóricos asignada a las vidas medias de los niveles $5d'|3/2|_2$ (146 ns) y $7d|7/2|_3$ (676 ns) nos permitiría separar con toda fiabilidad la contribución de cada una de ellas a la curva experimental.

La vida media del nivel $5d'|3/2|_2$ había sido medida con anterioridad por B. Zurro et al. [39]. El valor encontrado por la referencia [39] es de $135 \pm 5 \text{ ns}$. Las medidas realizadas en este trabajo se han obtenido variando la energía del haz desde 15 a 25 eV y la presión de 2 a 10 mtorr.

Para energías muy próximas al umbral de excitación y presiones de 2 y 3 mtorr las curvas experimentales se ajustan con una sola componente exponencial que nos da un valor para la vida media del nivel de $134 \pm 4 \text{ ns}$. Resultado en perfecto acuerdo dentro del error experimental (3%) con el obtenido por la referencia [39].

Ambos valores experimentales difieren en menos de un 9% de los cálculos teóricos realizados por nosotros en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro. Sin embargo, discrepancias en factores del orden de 9 aparecen al comparar con los cálculos teóricos de la ref. [32].

En la Fig. 52 se muestra la curva experimental obtenida con

FIG. 52

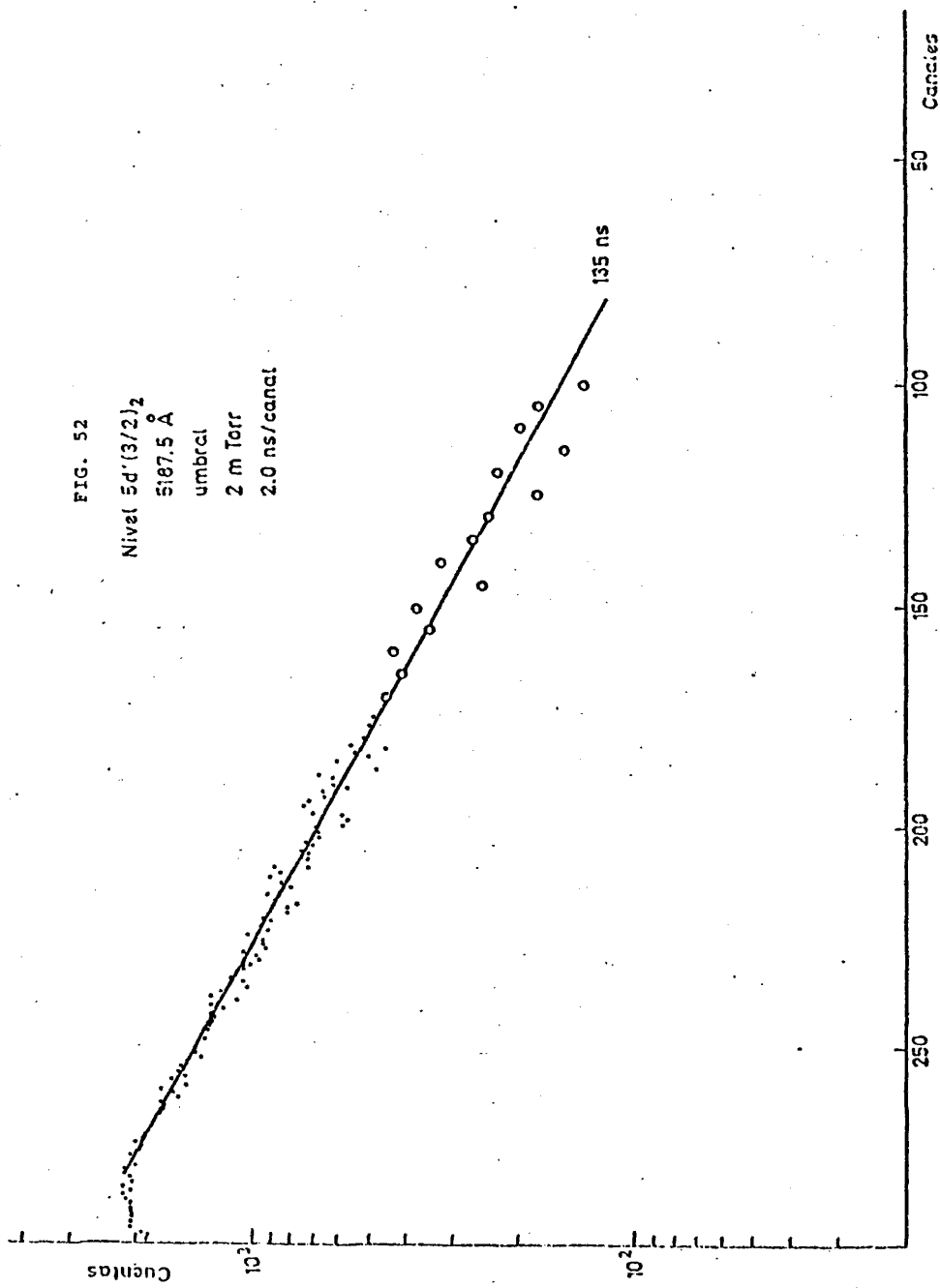
Nivel $5d'(3/2)_2$

5187.5 Å

umbrel

2 m Torr

2.0 ns/canal



energía próxima al umbral de excitación y presión de 2 mtorr . Esta curva se ha realizado con el convertidor de 900 ns . Una vez así determinada la vida media de este nivel se procedió a estudiar la línea de $6212.5 + 6215.9 \text{ \AA}$ que basándonos en este resultado nos daría la vida media del nivel $5d|5/2|_3$.

1.3.7.- Configuración $3p^56d$

Se ha medido la vida media de seis niveles pertenecientes a esta configuración, cuatro de ellos del término padre $^2P_{3/2}$ y dos del término padre $^2P_{1/2}$. Su denominación y energías experimentales aparecen en la siguiente tabla:

Notación Racah (jk)	Notación Paschen	$E_{\text{exp}} \text{ (cm}^{-1}\text{) [12]}$
$6d 1/2 _0$	$6d_6$	123508.96
$6d 7/2 _4$	$6d'_4$	123653.238
$6d 7/2 _3$	$6d_4$	123773.92
$6d 5/2 _3$	$6d'_1$	123832.50
$6d' 5/2 _2$	$6s''_1$	125113.48
$6d' 3/2 _1$	$6s''_1$	125066.501

El estudio de estos niveles se ha realizado a través de siete transiciones con longitudes de onda comprendidas entre 4769 y 5681 \AA .

Las líneas de interés se han seleccionado con la red *High Blaze* del monocromador. El convertidor tiempo-amplitud se ha utilizado con rangos de tiempos de 900 y 3500 ns .

El análisis de las curvas experimentales pone de manifiesto que la contribución de cascadas radiactivas para los niveles de esta configuración es despreciable.

En la tabla 10 se presentan los valores de las vidas medias obtenidos para estos niveles. Se puede ver en esta tabla, que los resultados obtenidos para los niveles $6d|7/2|_3$, $6d|5/2|_3$, $6d'|5/2|_2$, $6d'|3/2|_2$ son los primeros existentes en la literatura. Tampoco existen cálculos anteriores a los realizados por nosotros considerando aproximación de Coulomb para la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento jk puro para su parte angular.

Para los niveles $6d|1/2|_0$ y $6d|7/2|_4$ existían resultados experimentales obtenidos con anterioridad por B. Zurro et al. [39]. El acuerdo entre sus resultados y los nuestros es muy bueno dentro del error experimental. De hecho las discrepancias son de un 1% en ambos casos, mientras que los errores experimentales asignados son de 4 y 2% respectivamente.

Para los niveles restantes los resultados obtenidos presentan errores entre 4 y 10%.

Nivel $6d|1/2|_0$

El estudio temporal de este nivel se ha realizado a través de la transición $4p|1/2|_1 - 6d|1/2|_0$ de 5151.4 \AA de longitud de onda e intensidad 200 según las tablas de líneas espectrales de la ref. [17].

Las condiciones de medida se han variado tomando valores de la energía de excitación entre 16 y 25 eV y la presión del gas entre 4 y 11 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas se han ajustado a una exponencial única para ambos rangos de tiempo del convertidor (ver Figs. 53a y 53b).

El valor obtenido para la vida media del nivel es de $167 \pm 7 \text{ ns}$. Resultado que está en buen acuerdo, dentro del error

Tabla 10 .- Vidas Medias, en ns, de niveles $3p^5 6d$ y $3p^5 7d$.

NIVEL		Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES		DATOS TEORICOS (JK)
Notación Racah	Notación Paschen		Este trabajo	Ref. 39	
$6d(1/2)_0$	$6d_6$	5151	167 ± 7	169 ± 10	162
$6d(7/2)_4$	$6d_4$	5496	297 ± 5	300 ± 10	267
$6d(7/2)_3$	$6d_4$	5506	500 ± 20		572
$6d(5/2)_3$	$6d_1$	5682	295 ± 30		803
$6d'(5/2)_2$	$6s_1''''$	5560 5128	295 ± 12		299
$6d'(3/2)_2$	$6s_1''$	4769	210 ± 10		224
$7d(7/2)_4$	$7d_4$	5221	363 ± 17	340 ± 30	353
$7d(5/2)_2$	$7d_1''$	5373	438 ± 27		590

FIG. 53a.

Nivel 8d (1/2).

5151 Å

17 eV

9.5 m Torr

2.0 ns/canal

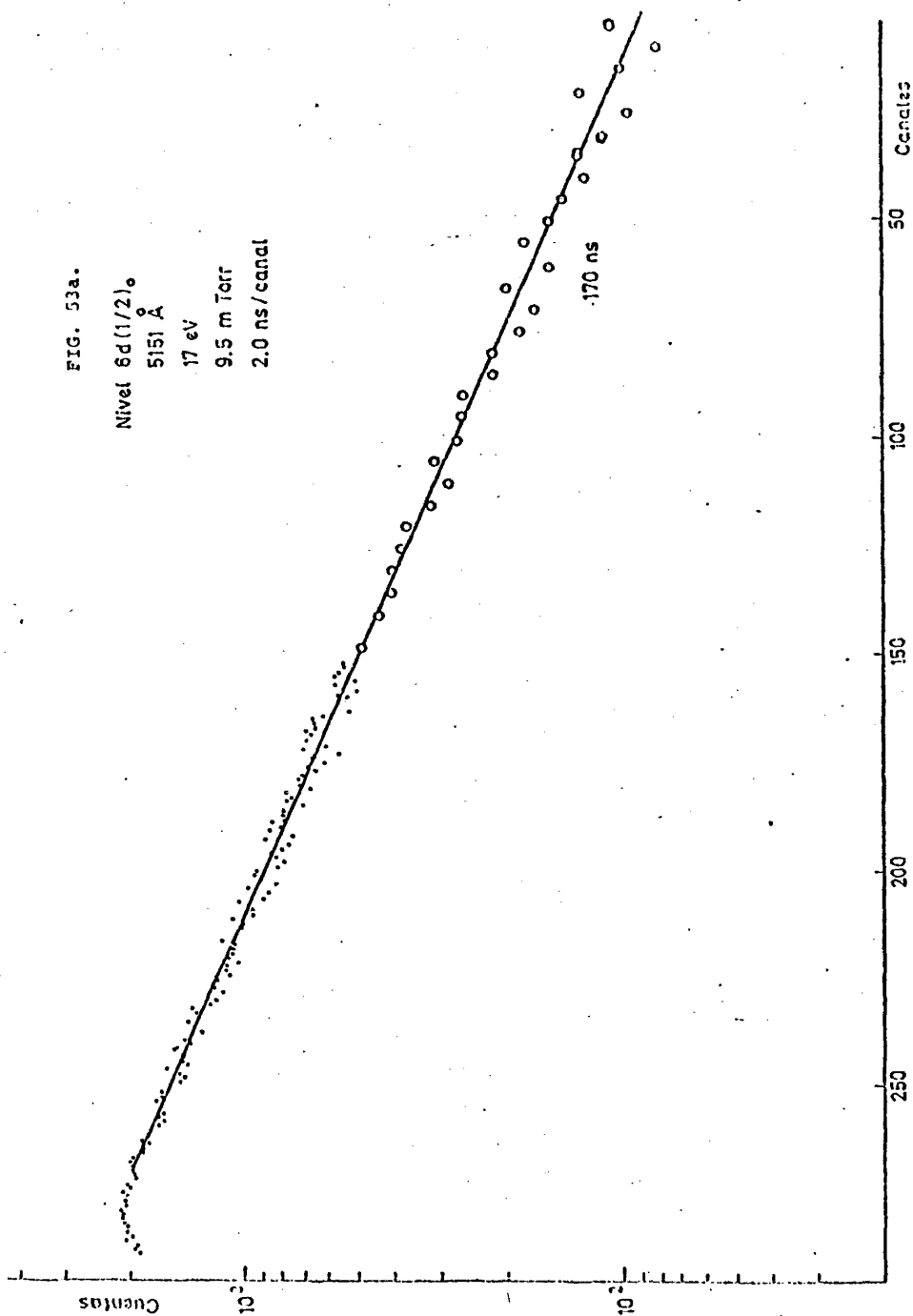
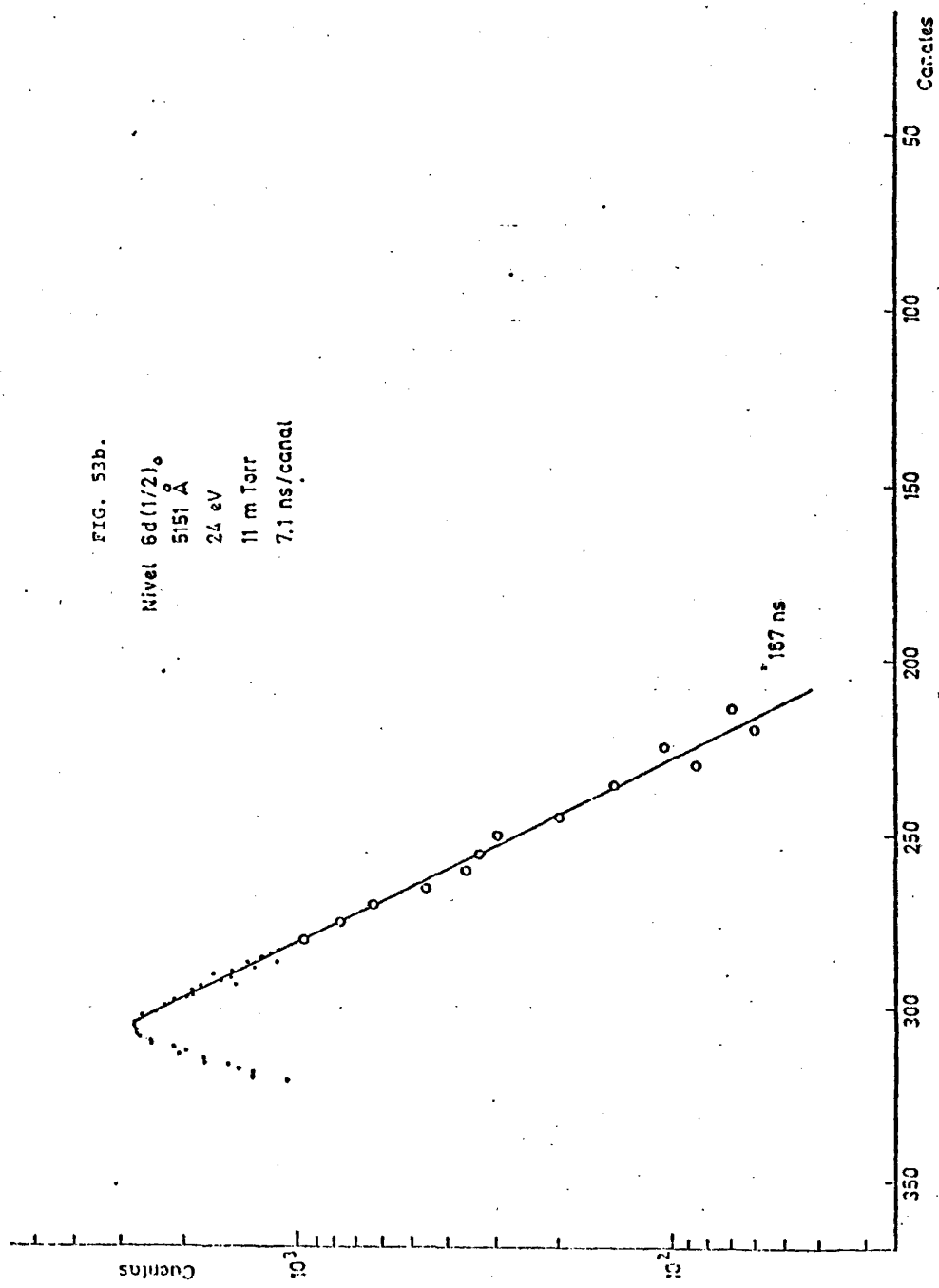


FIG. 53b.

Nivel 6d(1/2)_o
 5151 Å
 24 eV
 11 m Torr
 7.1 ns/canal



experimental, con el obtenido por la ref. [39] y con él calculado por nosotros.

Hemos de observar que B. Zurro [43] en su discusión sobre los resultados obtenidos para este nivel nos habla de un ajuste de la curva experimental por dos componentes exponenciales que nosotros no hemos encontrado en ningún caso. El hecho de obtener resultados tan próximos, aún en su caso, con presencia de cascadas, nos confirmó en que el error sistemático introducido por la presencia de cascadas es muy pequeño si el ajuste por exponenciales de la curva experimental es suficientemente bueno.

Nivel $6d|7/2|_4$

Para la medida de la vida media de este nivel hemos utilizado la transición $4p|5/2|_3 - 6d|7/2|_4$ que cumple $\Delta k = \Delta l = \Delta j = +1$. Es esta transición la única posible desde el nivel en estudio a la configuración $3p^5 4p$. Su probabilidad de transición es pues independiente del esquema de acoplamiento tal y como ya discutimos para el nivel $4d|7/2|_4$. La longitud de onda de esta transición es 5495.9 \AA y su intensidad relativa es de 1000 según la ref. [17].

Se trata pues de una línea intensa que nos ha permitido hacer medidas con energías próximas al umbral de excitación y presiones de 1 ó 2 mtorr. En la obtención de las curvas experimentales las condiciones de medida se han variado para energías de excitación desde umbral hasta 20 eV y la presión del gas de 1 a 8 mtorr.

No se va observando variación de la vida media ni con la presión (ausencia de atrape radiativo) ni con la energía de excitación (ausencia de cascada radiativas).

El análisis de las curvas obtenidas se ha realizado con una sola componente exponencial que nos da un valor de la vida media

de 297 ± 5 ns . Este resultado, con una dispersión estadística de un 2% , es el que presenta una menor dispersión de los obtenidos para esta configuración.

El valor obtenido por B.Zurro et al. [39] difiere del nuestro en un 1% , es decir, están de acuerdo dentro del margen de error experimental. El valor calculado es un 11% inferior a los resultados experimentales.

En la Fig. 54 se muestra la curva experimental obtenida a energías umbral y presión de 8 mtorr , el convertidor en rango de tiempo de 900 ns .

Nivel $6d|7/2|_3$

El estudio temporal de este nivel se ha realizado a través de la transición $4p|5/2|_2 - 6d|7/2|_3$ de 5506.1 \AA e intensidad 500 según la ref. [17]. Es ésta la transición de mayor probabilidad ($0.8167 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ en jk) de las que partiendo de este nivel van a niveles $3p^5 4p$. Observamos que esta transición cumple que $\Delta k = \Delta l = \Delta j = +1$.

Para determinar la vida media del nivel hemos realizado medidas variando la energía del haz de electrones desde 17 hasta 26 eV y la presión del gas en la cámara de 6 a 25 mtorr .

Las curvas experimentales obtenidas nos daban directamente la vida media del nivel que tiene un valor de 500 ± 20 ns . Es este resultado el primero existente en la literatura. Tampoco se habían realizado con anterioridad cálculos teóricos. Los realizados por nosotros en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk dan un valor de la vida media de 572 ns que supera al experimental en un 13% .

En las Figs. 55a y 55b se muestran curvas típicas obtenidas para entre nivel con rango de tiempo del convertidor de 900 y

FIG. 54.

Nivel $5d(7/2)_2$.
5496 Å
umbral
8 m Torr
2.0 ns/canal

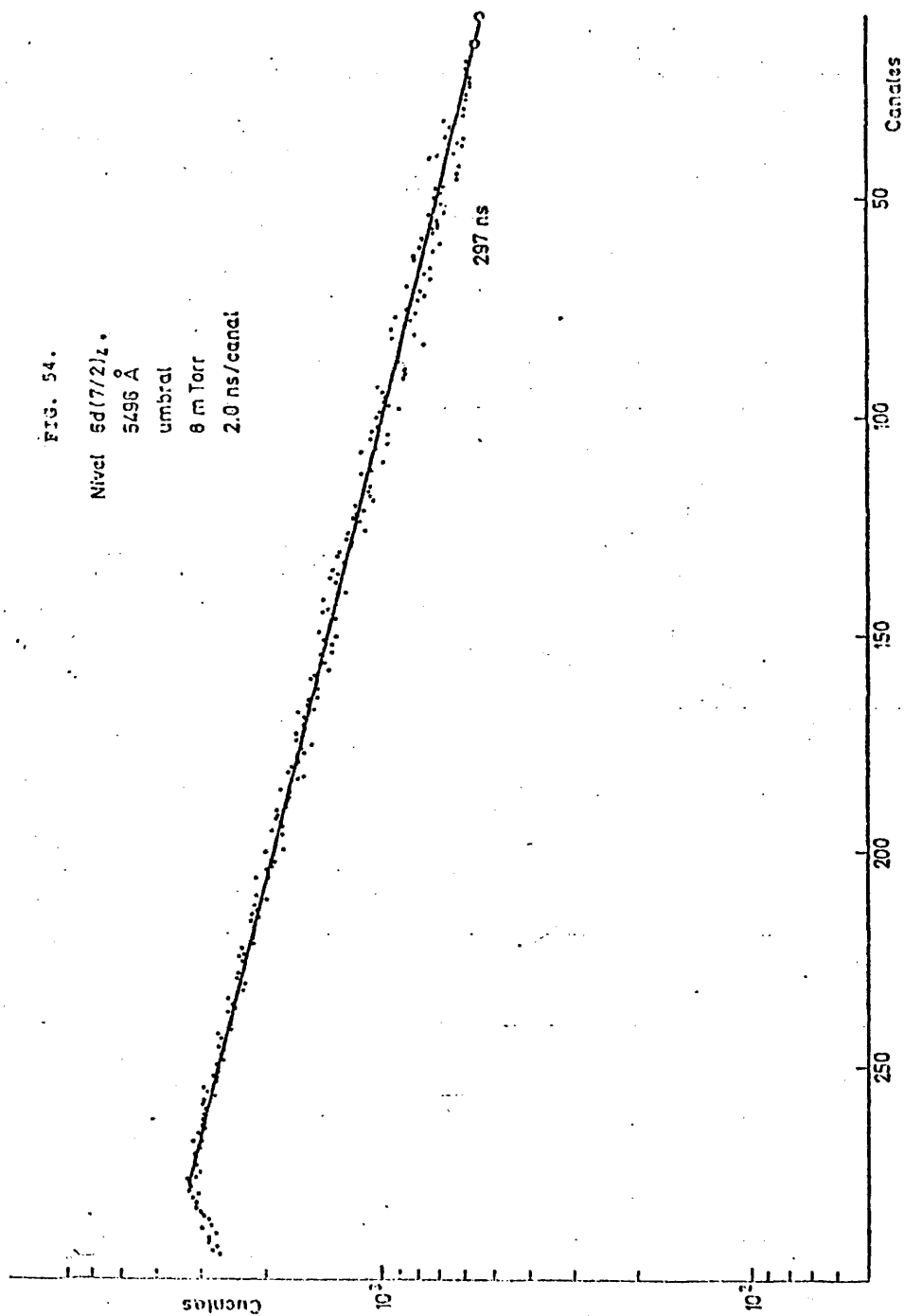


FIG. 55a.

Nivel $6d(7/2)_{3/2}$
5506 Å
20 eV
12 m Torr

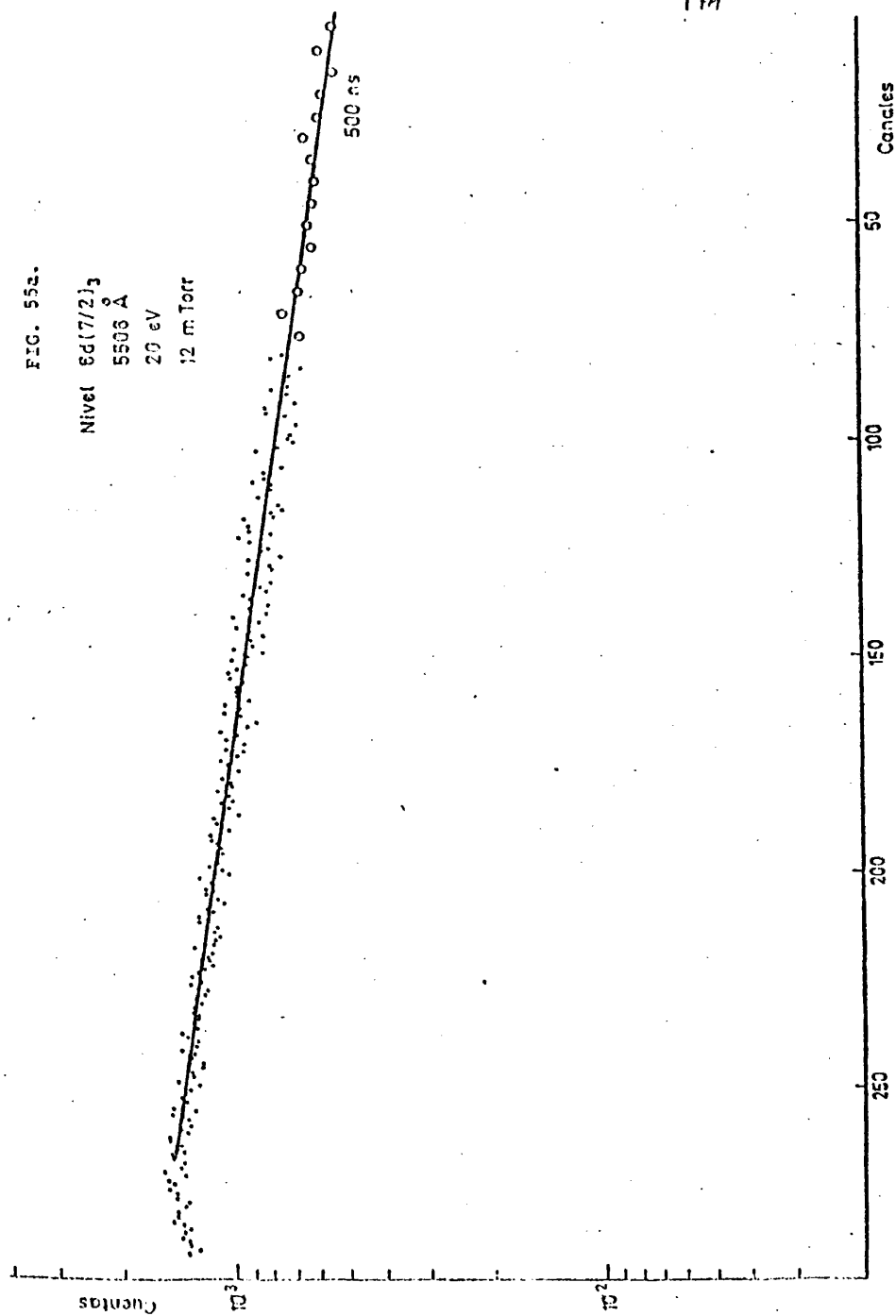


FIG. 55b.

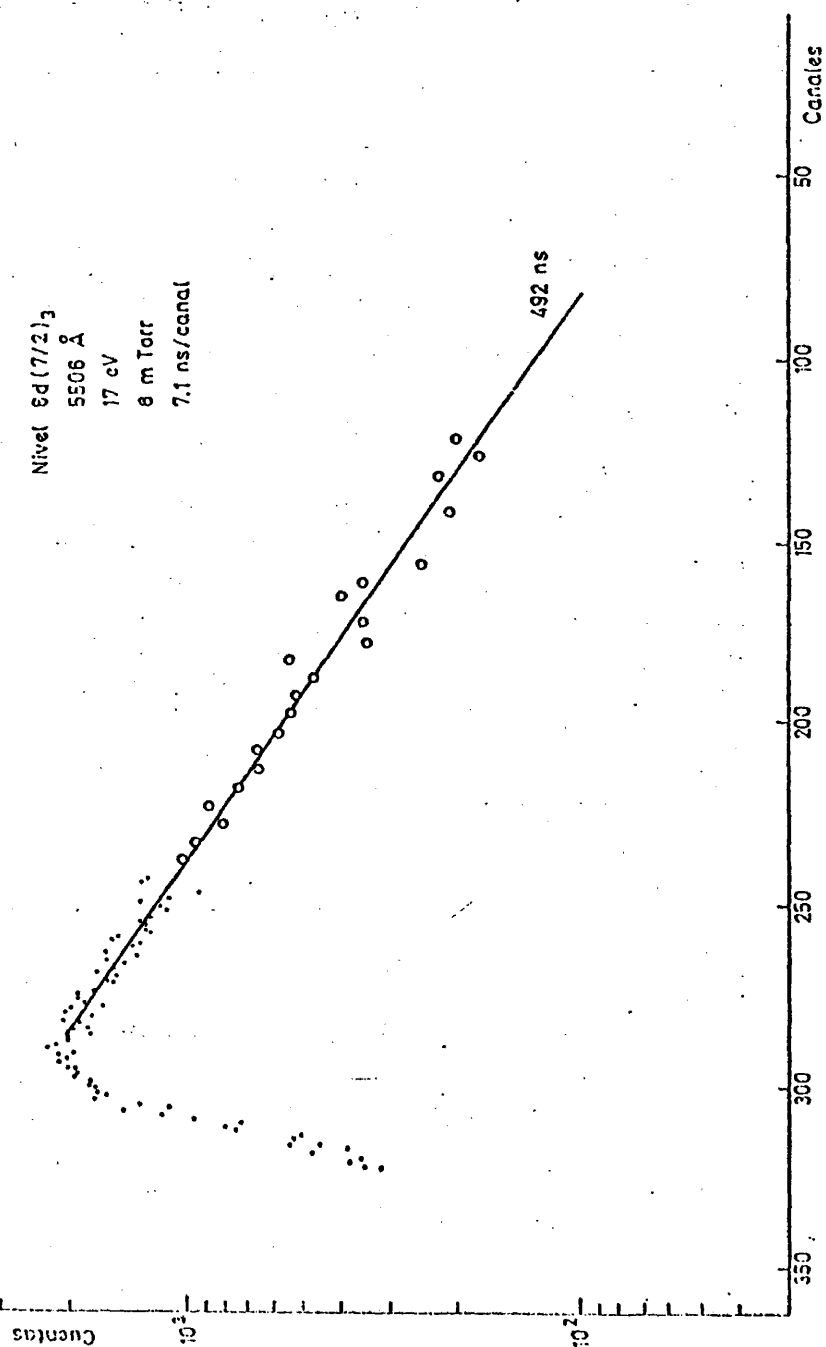
Nivel $8d(7/2)_{3/2}$

5506 Å

17 eV

8 m Torr

7.1 ns/canal



3500 ns . Las condiciones experimentales en que fueron obtenidas se especifican en las mismas figuras. En la Fig. 55a podemos apreciar que el número de cuantas acumulados sobre el fondo no llega a 2000 , concretamente su amplitud es de 1470 cuantas. Esto se debe a que al ser la vida media del nivel tan larga, 500 ns, y la anchura del impulso de excitación de 180 ns , la población del nivel en la excitación es la mitad de la que tendría si en las mismas condiciones de excitación la duración del impulso fuera equivalente a la vida media. Este factor prolonga el tiempo de acumulación necesario para la obtención de la medida.

Nivel $6d|5/2|_3$

El estudio temporal de este nivel se ha hecho a partir de la transición $4p|3/2|_2 - 6d|5/2|_3$ de 5681.9\AA e intensidad relativa 500 según la ref. [17]. La transición elegida es la más intensa de las que partiendo de este nivel van a niveles $3p^54p$. Su probabilidad de transición es $0.5675 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ según los cálculos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk .

Las medidas se han realizado con el convertidor en rangos de 900 y 3500 ns variando las energías de excitación entre 18 y 26 eV . Las presiones a las que estaba el gas en la cámara cubrían un rango de 15 a 30 mtorr .

Las curvas experimentales se han ajustado con una sola exponencial que nos da un valor para la vida media de $295 \pm 30 \text{ ns}$. Este resultado, dado con un 10% de error, es el que presenta una mayor dispersión dentro de los valores obtenidos para los niveles de esta configuración.

Discrepancias en un factor 2.7 se encuentran al comparar con nuestros cálculos teóricos. Una vez más se pone de manifiesto la necesidad de cálculos teóricos más precisos para comparar con los resultados experimentales.

Un ejemplo de las curvas de desexcitación obtenidas en el estudio de este nivel aparece en la Fig. 56.

Nivel $6d'|5/2|_2$

La vida media de este nivel se determinó estudiando la transición $4p|5/2|_2 - 6d'|5/2|_2$ de 5127.8 \AA de longitud de onda e intensidad relativa 60 según la ref. [17].

La determinación de la vida media del nivel $6d'|5/2|_2$ era muy importante no sólo por el conocimiento que aporta sobre el nivel en estudio, sino también porque permite analizar la curva experimental obtenida para la línea mezcla de $5558.7 + 5559.6 \text{ \AA}$. Esta curva experimental se ajustó por dos componentes, una exponencial debida a la desexcitación de este nivel y con una amplitud tal que restada de la curva experimental de una curva exponencial cuya pendiente confirmaría el valor encontrado para la vida media del nivel $5d|3/2|_2$.

Las medidas se realizaron variando la energía del haz electrónico desde el umbral de excitación (15,51 eV) hasta 40 eV y la presión del gas de 6 a 15 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas para la línea de 5127.8 \AA se ajustan con una exponencial única para ambos rangos de tiempo del convertidor. Resultando un valor para la vida media de 295 ns. Este resultado está en buen acuerdo con el calculado de 299 ns, su diferencia es de 1.5 % frente al 4% de dispersión de los resultados experimentales.

En la Fig. 57 se muestra una de las curvas obtenidas para la línea de 5127 \AA . La curva de desexcitación para la línea mezcla se muestra en la Fig. 47b.

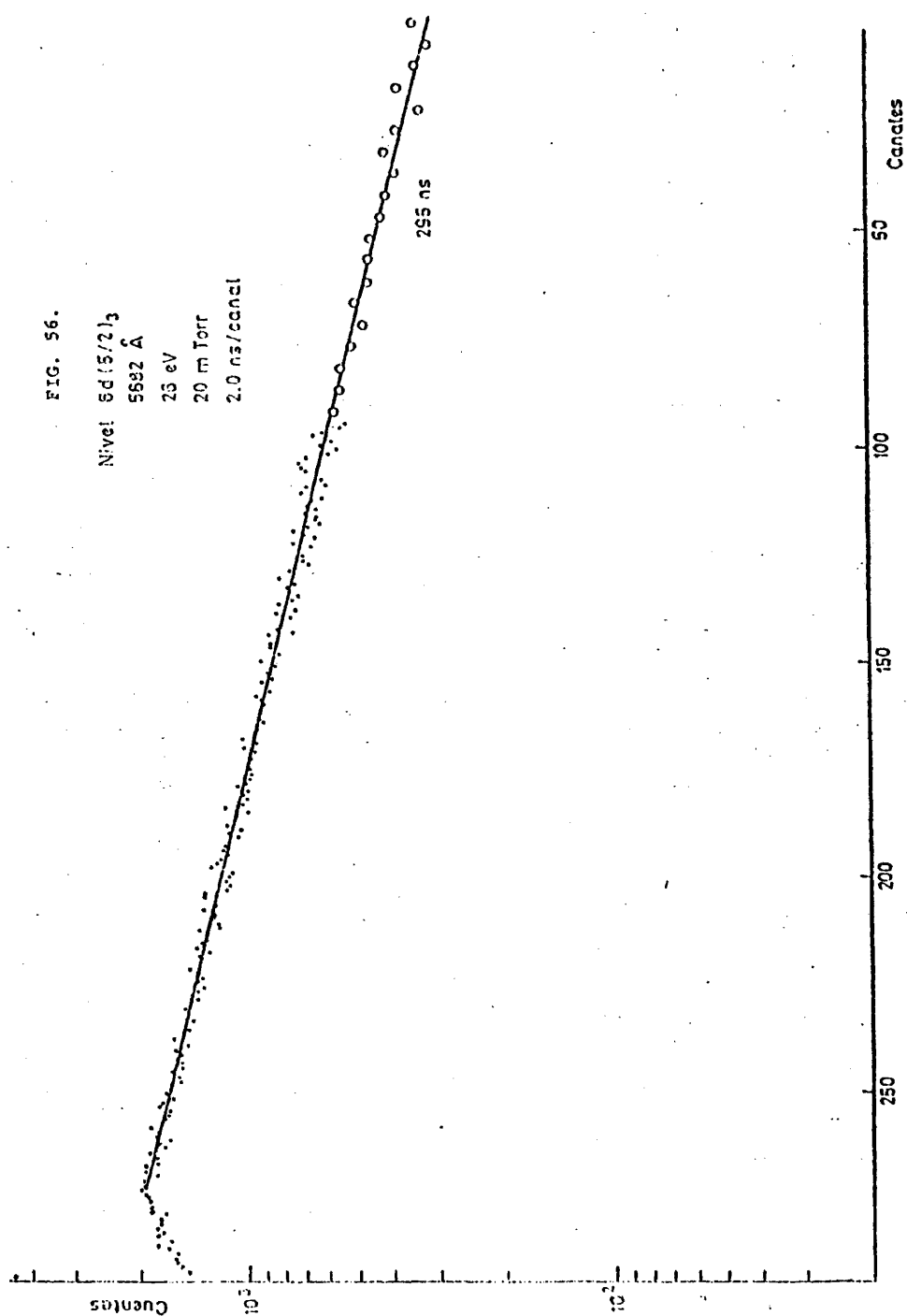
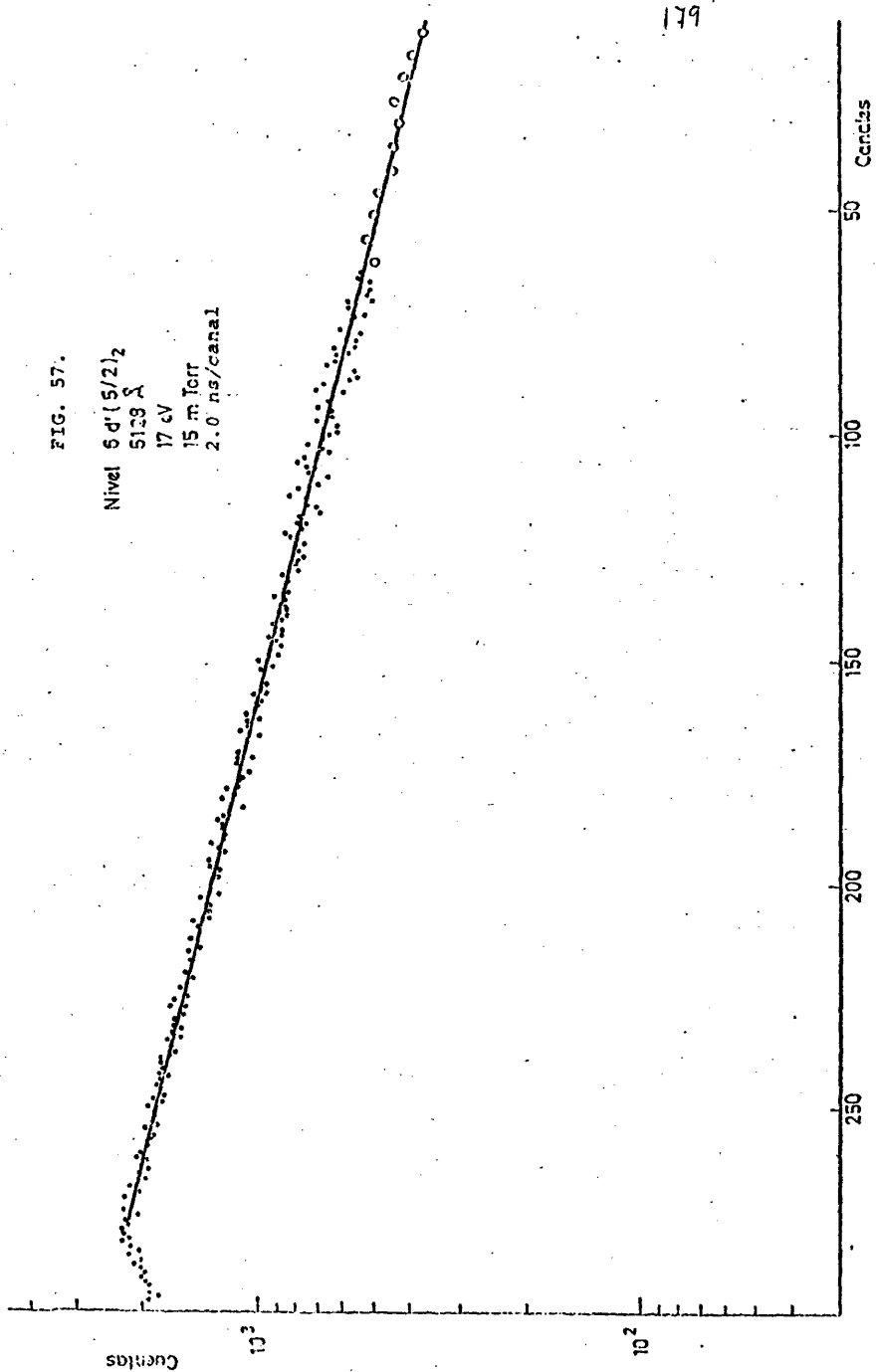


FIG. 57.

Nivel $6d^{1/2}(5/2)_{1/2}$
5128 Å
17 eV
15 m Torr
2.0 ns/canal



Nivel $6d' | 3/2 | 2$

Las medidas para determinar la vida media de este nivel se han realizado a partir de la transición $4p | 1/2 | 1 - 6d' | 3/2 | 2$ de 4768.7 \AA de intensidad, según la ref. [17], de 150; se han realizado diez medidas para energías de excitación comprendidas entre 17 y 27 eV y presiones entre 5 y 12 mtorr.

Las curvas experimentales obtenidas se ajustan a una forma exponencial que nos da un valor de la vida media de $210 \pm 10 \text{ ns}$. Este valor difiere en un 6% del obtenido calculando la vida media del nivel a partir de las probabilidades de transición obtenidas considerando aproximación de Coulomb para las funciones radiales y acoplamiento jk para la parte angular.

En la Fig. 58 se muestra una curva de desexcitación típica obtenida en el estudio de este nivel.

I.3.8.- Configuración $3p^5 7d$

Se han medido dos niveles pertenecientes a esta configuración de término padre $^2P_{3/2}$. Es esta la configuración más excitada del estudio presentado en este trabajo. Su distancia en energías al límite de ionización es del orden de 0,3 eV.

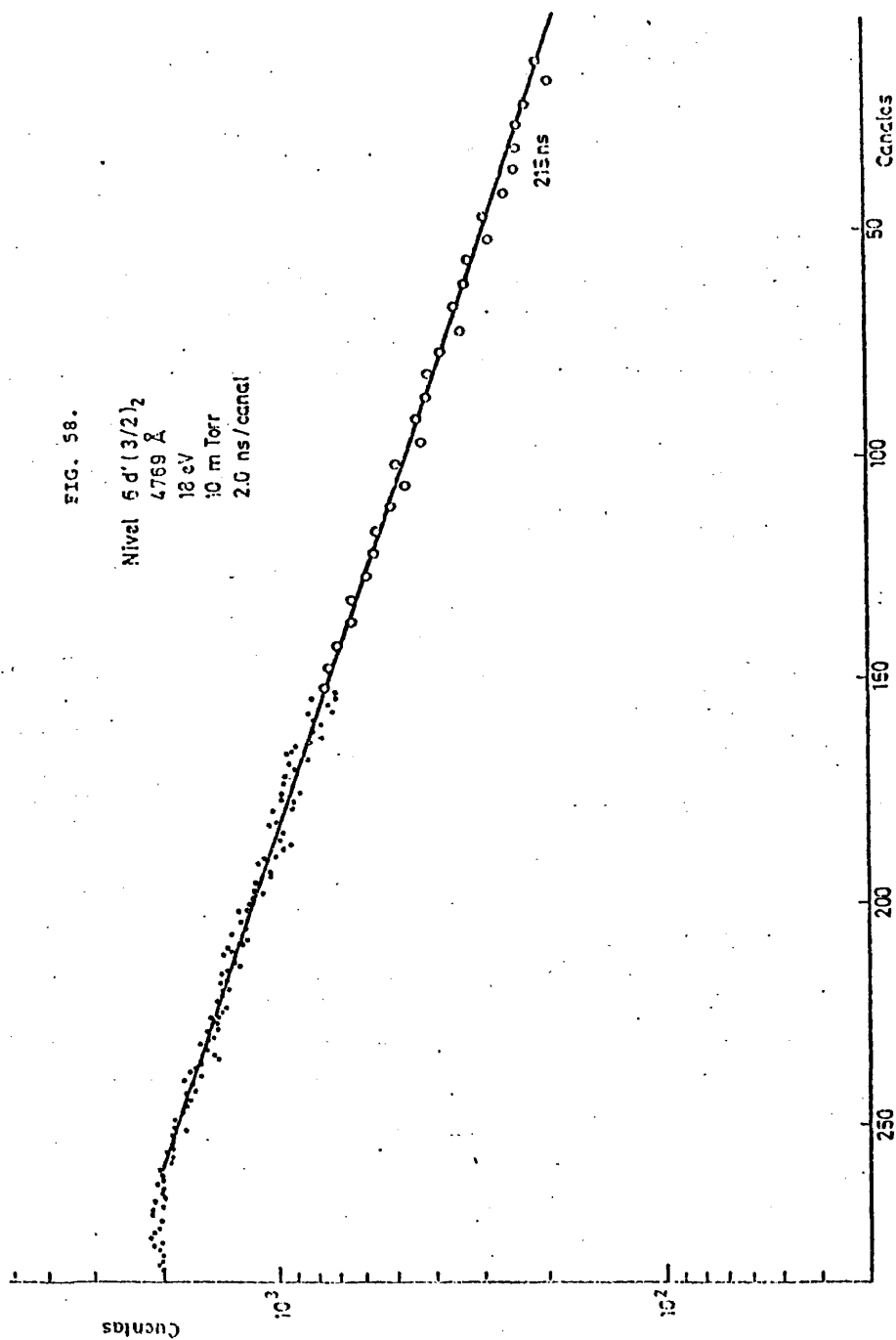
En la tabla siguiente se esquematizan los niveles estudiados, sus energías, así como las transiciones y longitudes de onda elegidas para realizar las medidas.

Notación jk (Paschen)	$E_{xp} (\text{cm}^{-1}) 12 $	Transición	$\lambda (\text{\AA})$	I(17)
$7d 7/2 4$ ($7d'_4$)	124609.92	$4p 5/2 3 - 7d 1/2 4$	5221.3	500
$7d 5/2 2$ ($7d'_1$)	124692.02	$4p 3/2 1 - 7d 5/2 2$	5373.5	500

Las medidas se han realizado con el monocromador Jarrell Ash

FIG. 58.

Nivel $5d'(3/2)_2$
4769 Å
18 eV
10 m Torr
2.0 ns/canal



de 0,25 m con la red de difracción de *High Blaze* y el convertidor tiempo amplitud en rangos de tiempo de 900 y 3500 ns .

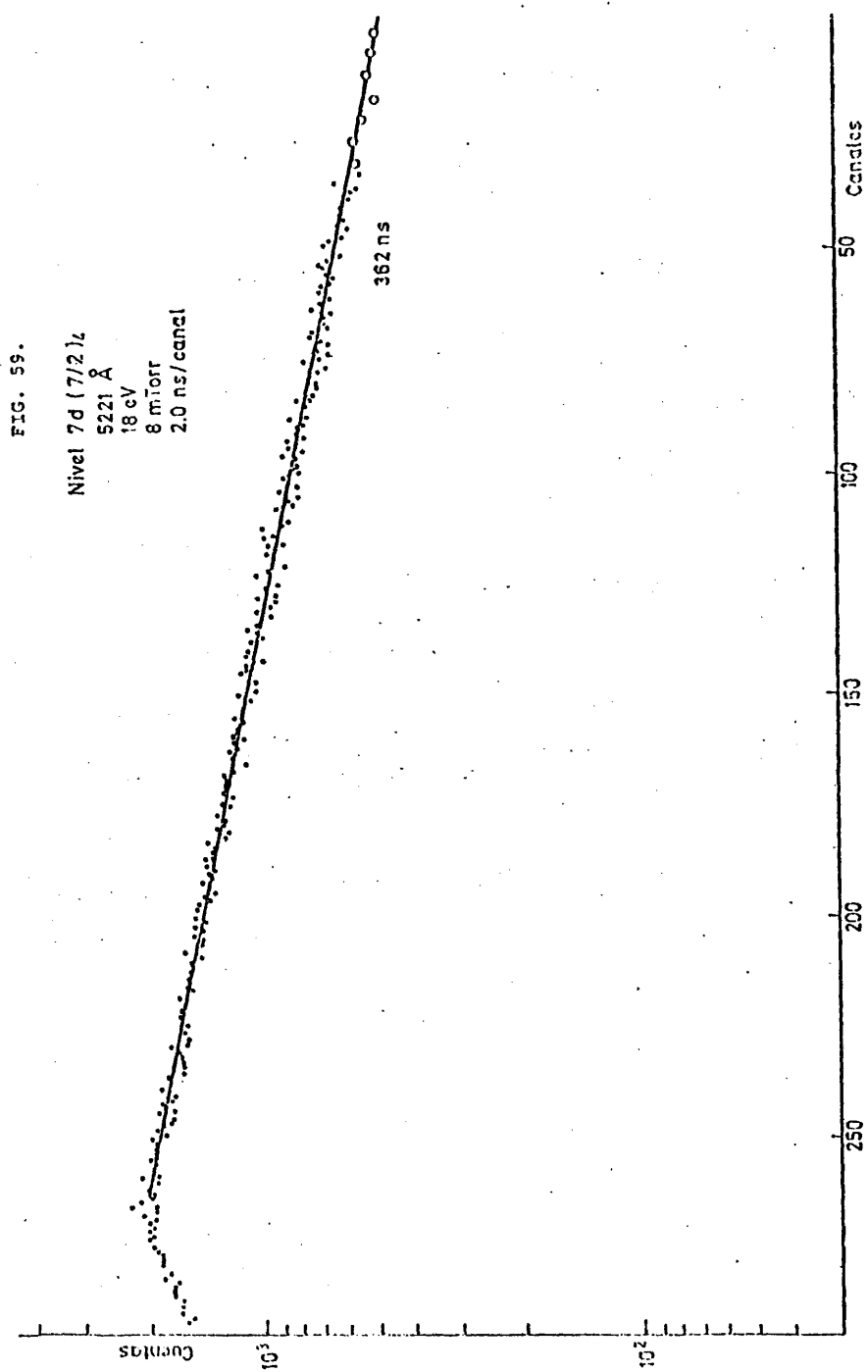
De todos los errores sistemáticos que pueden aparecer al realizar las medidas: atrape radiativo, población por cascadas, desexcitación colisional o mezcla de líneas, no se ha observado ninguno de ellos en el estudio de las curvas experimentales, dentro del rango de energías del haz electrónico comprendido entre valores próximos al umbral de excitación (15,4 eV) y 24 eV y para presiones del gas entre 2 y 12 mtorr .

Por no aparecer ninguno de los errores sistemáticos antes mencionados, fundamentalmente mezcla de líneas y población por cascadas, las curvas de desexcitación obtenidas se ajustan en todos los casos con una exponencial única que nos da directamente la vida media del nivel en estudio.

En la Fig. 59 se muestra una curva típica de desexcitación espontánea del nivel $7d|7/2|_4$. El valor obtenido para la vida media de este nivel es de 363 ± 17 ns , éste resultado presenta buen acuerdo con las medidas realizadas con anterioridad por la referencia [39] dentro de su margen de error ligeramente superior al nuestro.

El acuerdo con los cálculos teóricos realizados utilizando aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro es francamente bueno; de hecho difieren en menos de un 3% frente al 5% de dispersión estadística de las medidas realizadas.

La transición elegida $4p|5/2|_3 - 7d|7/2|_4$ es la única que conecta en aproximación dipolar eléctrica al nivel en estudio con la configuración $3p^5 4p$; por ello, y según la ref. [40] su probabilidad de transición es independiente del esquema de acoplamiento elegido, será pues útil para comprobar la validez de la aproximación de Coulomb para esta configuración tan excitada. El valor experimental dado para esta transición por la ref. [20] es $0.11 \times 10^7 \text{ s}^{-1} \pm 50\%$: La probabilidad de transición



calculada en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk es $0.2188 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$, mayor en un factor 2 que la experimental. Hemos de destacar el gran error experimental para la probabilidad de transición medida que dificulta la comparación.

Las medidas realizadas para el nivel $7d|5/2|_2$ arrojan los primeros valores existentes en la literatura para la vida media de este nivel.

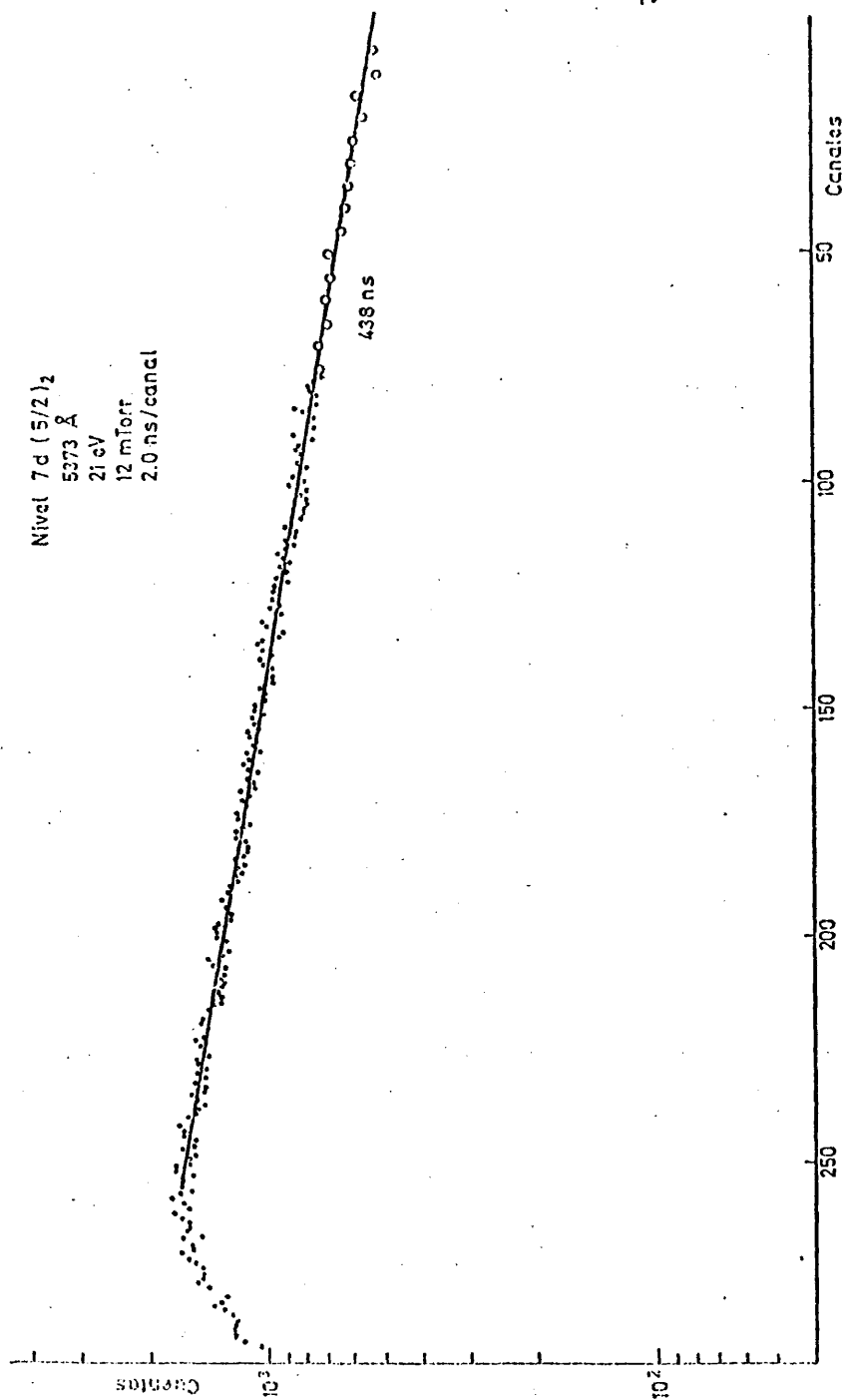
El valor encontrado en el análisis de las curvas de desexcitación es de $438 \pm 27 \text{ ns}$. Este valor difiere del calculado en menos de un 30%, diferencia excesiva frente al error experimental de un 6%. Esta discrepancia frente a la fidelidad de resultados encontrados para el nivel anterior se puede deber a que al ser un nivel $J = 2$ y muy excitado, la mezcla de configuraciones debe jugar un papel importante y por tanto el acoplamiento jk puede ser en este caso inadecuado para la descripción del nivel en estudio.

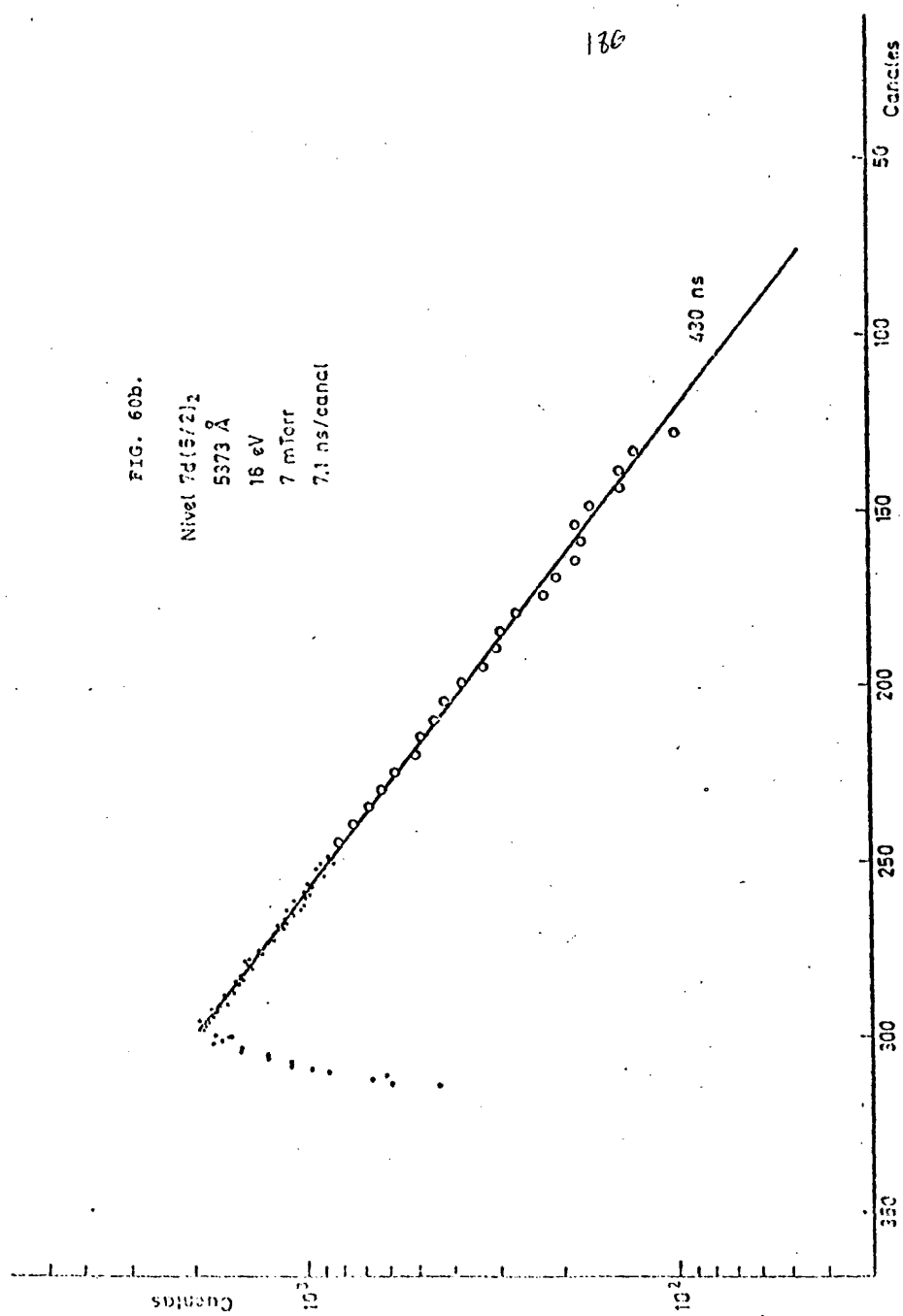
En las Figs. 60a y 60b se muestran curvas típicas obtenidas en el estudio de este nivel para rangos de tiempo de convertidor de 900 y 3500 ns respectivamente.

En la tabla 10 se muestran esquematizada los resultados obtenidos para estos niveles junto con los datos para los niveles estudiados de la configuración $3p^5 6d$.

FIG. 60a.

Nivel 7d (5/2)₂
5373 Å
21 eV
12 mTorr
2.0 ns/canal





II.0.- INTRODUCCION A LA MEDIDA DE PROBABILIDADES DE TRANSICION

La determinación de las probabilidades de transición es importante, no sólo por sí misma(en Astrofísica), sino porque las mismas técnicas se usan con cierta frecuencia en la espectroscopía de plasmas, tanto de laboratorio como en los plasmas astrofísicos. Así la medida de las intensidades de emisión y los coeficientes de absorción dan el producto de la densidad de población por la fuerza del oscilador (Nf), si se conoce la última se puede determinar la primera.

Los métodos de determinación de las probabilidades de transición se clasifican en tres grandes grupos:

- (i) Medidas de emisión.
- (ii) Medidas de absorción.
- (iii) Medidas de vidas medias.

(i) Medidas de emisión.- El método de emisión es el más aplicado, pero no por ello el más exacto necesariamente. A partir de las medidas de emisión se obtiene la energía total radiada por unidad de sección de una capa de gas de espesor l que es $N_i A_{ij} \ell \nu_o$, si la capa es ópticamente delgada el brillo de la fuente es:

$$\frac{1}{4\pi} N_i A_{ij} \ell \nu_o$$

Las principales dificultades de este método, aparentemente sencillo, son: (1) las medidas de intensidades absolutas son difíciles de hacer con gran exactitud. (2) La condición de "ópticamente delgada" es difícil de satisfacer. (3) La presencia, en mayor o menor

medida, de emisión continua de la fuente dificulta la delimitación de la base de la línea a la que, generalmente, contribuye luz dispersa de diferente longitud de onda (4). Por último, el factor más importante quizás sea la determinación de la población del nivel superior, N_i . En los gases se necesita conocer la distribución entre los diferentes gases excitados, que se calcula de la relación de BOLTZMANN para el estado de equilibrio a la temperatura T . Pero equilibrio termodinámico completo no puede existir en una fuente, tal y como un arco, en la que la energía se suministra constantemente en forma eléctrica y sale en forma de radiación. Lo que realmente puede existir es equilibrio termodinámico local (E.T.L.) que viene a significar que todo excepto la radiación está en equilibrio.

(ii) Medidas de absorción.- La anchura equivalente de una línea de absorción para una fuente ópticamente delgada es proporcional al producto de la población del nivel inferior, N_j , por la fuerza de oscilador. La determinación de N_j , es como en el caso anterior, la mayor fuente de error. Por otra parte, la cantidad medida es proporcional a $N_j \cdot f_{ji} \cdot l$ siendo l el camino óptico que debe estar perfectamente determinado, de hecho es una fuente de error importante la presencia de inhomogeneidades. La mayor restricción de este método es que en equilibrio térmico local es difícil poblar suficientemente niveles distintos de los metaestables o menos excitados.

Existen métodos de absorción basados en las variaciones que sufre el índice de refracción en las proximidades de una línea de absorción. Uno de ellos es la técnica de los *ganchos* o de la dispersión anómala [44].

(iii) Medida de vidas medias.- En los demás métodos, la información experimental es proporcional al producto de la población de un nivel, ya sea el superior o el inferior, por la fuerza de oscilador de la línea en estudio. Las discrepancias en los valores absolutos de las fuerzas de oscilador se consideraban debidas en casi todos los casos, a la incertidumbre en la determinación

de N . Sin embargo, la vida media de un nivel no depende directamente de la fuerza de oscilador a menos que sólo exista una transición posible. Si se conocen todos los errores relativos (medidos por emisión) de las A_{ij} que parten del nivel i se pueden pasar a valores absolutos si se conoce la vida media del nivel. Los valores absolutos así hallados no requieren ninguna suposición teórica sobre la población de los niveles y, por tanto, es el método más exacto que se conoce. Su mayor restricción consiste en tener que medir todas las transiciones que parten de un cierto nivel que pueden corresponder a saltos de energía en zonas muy diferentes del espectro.

Como se deduce de este breve resumen de la situación actual de la medida de probabilidades de transición, todos los métodos tienen en común su gran incertidumbre. Mientras que las longitudes de onda y las energías de los niveles se determinan con una precisión de 1 en 10^5 ó 10^6 . Las probabilidades de transición se conocen con errores de un 1% en el caso más favorable (doblete del Na, por ejemplo) y de más de un 20% en la mayoría de los casos.

Incluso es frecuente que las discrepancias entre resultados obtenidos por métodos diferentes (con dispersión de un 20%) difieran entre sí en un factor 2 o más. El N.B.S. hizo una recopilación de los resultados obtenidos para elementos químicos ligeros (hasta el potasio). Los autores de este trabajo [20] señalan que las discrepancias entre resultados experimentales se deben a que los autores sólo consideran al dar su error las discrepancias estadísticas entre resultados, sin tener en cuenta los posibles errores sistemáticos inherentes a un método experimental particular. Las discrepancias entre resultados son tales que W.L.Wiese et al [20] clasifican de *muy buenos* los resultados con errores de 10-20% y excluyen de su informe aquella que presentan errores superiores a 50%.

Por todo ello, hemos considerado importante aportar nuevos resultados para transiciones entre niveles del Ar I. En los casos que ha sido posible, se han utilizado los valores de las vi-

das medias para pasar las probabilidades de transición de valores relativos a absolutos. Hemos de destacar que nuestros resultados incluyen errores sistemáticos evaluados en un 10%. Para dar idea del trabajo incluido en este capítulo diremos que se han determinado 237 valores relativos de probabilidades de transiciones procedente de 68 niveles superiores diferentes.

II.1.- METODO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA LA MEDIDA DE PROBABILIDADES DE TRANSICION

II.1.1.- Método experimental

La determinación de las probabilidades de transición se ha realizado a través de la medida directa de las intensidades de las líneas espectrales mediante el conteo de fotones individuales. Para una fuente ópticamente delgada la intensidad de una línea espectral I_{ij} (fotones/seg) correspondiente a la transición entre los niveles i , j es igual a la población del nivel superior N_i multiplicada por la probabilidad de transición espontánea de emisión A_{ij}

$$I_{ij} = N_i A_{ij} \quad (II.1)$$

La intensidad de cualquier otra transición que proceda del mismo nivel cumplirá,

$$I_{ik} = N_i A_{ik} \quad (II.2)$$

Dividiendo estas dos ecuaciones entre si obtenemos:

$$\frac{I_{ik}(\lambda_{ik})}{I_{ij}(\lambda_{ij})} = \frac{A_{ik}}{A_{ij}} \quad (II.3)$$

La ecuación (II.3) nos dice que las probabilidades de transición relativas de las líneas que parten de un mismo nivel son proporcionales a sus intensidades relativas e independientes de la pobla-

ción del nivel.

La probabilidad de transición absoluta se puede obtener sin realizar ninguna hipótesis adicional si se conoce la vida media del nivel superior. En efecto, sumando en (II.1) a todas las posibles transiciones que parten del nivel i ,

$$\sum_k I_{ik} = N_i \sum_k A_{ik} = N_i \tau_i^{-1}$$

luego

$$I_{ij} = (\tau_i \sum_k I_{ik}) A_{ij} \quad (\text{II.4})$$

para la obtención de la ec. (II.4) hemos utilizado la definición dada en el capítulo I de la vida media de un nivel como inversa de la probabilidad total de transición.

De (II.4) se deduce que

$$A_{ij} = \frac{I_{ij}}{\tau_i \sum_k I_{ik}} \quad (\text{II.5})$$

La razón de intensidades que aparece en esta expresión se denomina *razón de ramificación*. Según (II.5) podemos obtener una medida de la probabilidad de transición sin hacer ninguna suposición sobre la existencia de equilibrio térmico local ya que evitamos conocer la población del nivel. No es pues necesario determinar la temperatura de la fuente emisora. La única causa de errores sistemáticos, que subsiste en este método, es la posible presencia de autoabsorción de la fuente. Se han realizado medidas para detectar la posible presencia de autoabsorción en el tipo de fuente utilizada, sin embargo, las medidas realizadas apuntaban por una ausencia de autoabsorción en la fuente como era de esperar por ser la densidad de átomos en la fuente de radiación pequeña.

II.1.2.- *Dispositivo experimental*

Un diagrama en bloque del dispositivo experimental utilizado en la determinación de las probabilidades de transición se presenta en la Fig. 61.

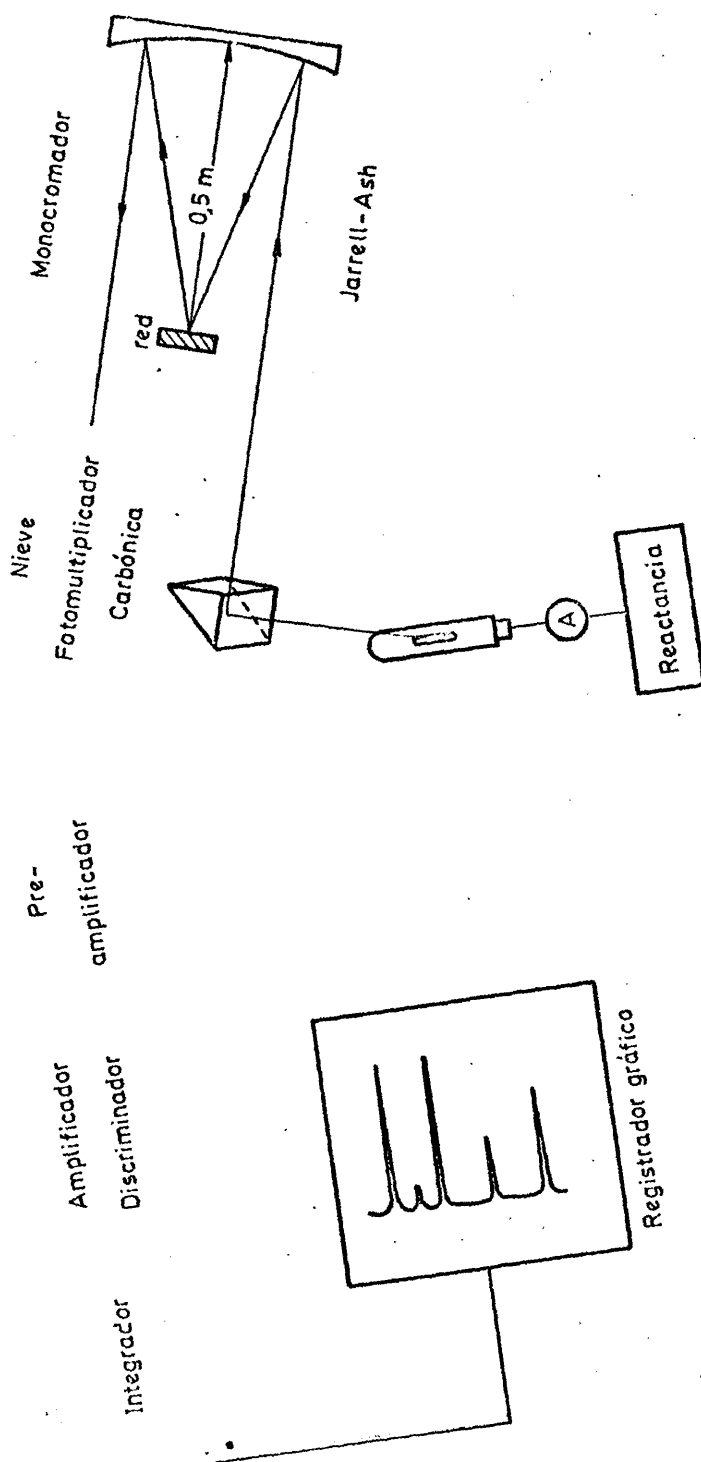
La fuente emisora de radiación es una lámpara de descarga de baja energía Philips, modelo 93100 E de corriente alterna y 0,9 A de intensidad.

A continuación está el sistema óptico formado por un prisma de 90° que actúa como espejo desviando el camino óptico de la luz incidente, un diafragma o rendija regulable a la entrada del monocromador y un fotomultiplicador. El monocromador empleado para seleccionar las longitudes de onda ha sido un Jarrell-Ash de 0,5 m de tipo Ebert. Por la zona en que se encontraban las líneas de mayor interés se ha utilizado una red de difracción con máxima respuesta en 6000 \AA y de 1180 trazos/mm que cubre la zona entre 3400 a 9400 \AA .

La señal luminosa del monocromador es transformada por un fotomultiplicador en un impulso eléctrico. En la zona espectral comprendida entre el ultravioleta próximo y 6000 \AA se ha utilizado un fotomultiplicador XP2000 de respuesta S-11. Desde 5800 a 9400 \AA , el fotomultiplicador empleado ha sido un XP1005 de respuesta espectral S-1. Se han enfriado ambos fotomultiplicadores con nieve carbónica para disminuir la corriente de oscuridad debida a la emisión termoiónica del fotocátodo y mejorar la relación señal-ruido.

A la salida del fotomultiplicador se halla un preamplificador que transforma el impulso que da el fotomultiplicador, correspondiente a la llegada de un fotón, en un impulso de amplitud de décimas de voltio. Este impulso se lleva a un amplificador de ganancia global 200 y margen de salida lineal de 15 V. A su salida se encuentra un discriminador que permite reducir el ruido.

Fuente de A.T.



193

FIG. 61.-DIAGRAMA EN BLOQUE DEL DISPOSITIVO PARA LA MEDIDA DE INTENSIDADES

La señal que da el discriminador a su salida se lleva a un dispositivo de recuento compuesto por un integrador y un registrador gráfico. El integrador mide el ritmo de llegada de impulsos dando como respuesta una señal proporcional al número de impulsos que recibe por unidad de tiempo. La velocidad con que varía la señal de salida ante la variación en el ritmo de los impulsos de entrada esta determinada por la constante RC del aparato. Esta constante puede variarse externamente con un conmutador y por tanto variar la resolución del espectro obtenido.

El integrador, también llamado frecuencímetro analógico, presenta distintas escalas con dominios de frecuencia que se eligen según el número de impulsos que le llegan, es decir, según la intensidad de las líneas. Para intensidades muy grandes se puede actuar también sobre el discriminador. Como salida, el integrador, proporciona una tensión continua, proporcional al número de impulsos recibidos y que se lleva a un registrador gráfico.

II.1.3.- *Determinación de la eficiencia del sistema*

Las longitudes de onda de las líneas que parten del mismo nivel se encuentran, en la mayoría de los casos, distribuidas en zonas del espectro alejadas entre sí. Por ello, es necesario conocer la respuesta del sistema para cada longitud de onda. Se han utilizado en este trabajo dos métodos independientes para determinar la respuesta espectral del sistema.

El primero ha consistido en comparar las respuestas, frente a la misma radiación, dadas por nuestro sistema y por un dispositivo cuya respuesta sea independiente de la longitud de onda. En este trabajo el dispositivo utilizado ha sido una termopila sensors L66 con ventaja de KBr . El valor de la fuerza electromotriz generada por una termopila sólo depende de la energía recibida es, pues, independiente de la longitud de onda y responde a esta de forma lineal. La fuente de radiación utilizada ha sido

una lámpara de filamento de tungsteno Bausch and Lomb, modelo 33-33-15 de 45 w y 6.6 A, solidaria con un monocromador Bausch and Lomb, modelo 33-86-25 que puede utilizarse con una red de 64 Å/mm de dispersión lineal y 1350 trazos/mm para la región entre 3400 y 8000 Å o con una red de 128 Å/mm de dispersión lineal y 675 trazos por milímetro para la región infrarroja entre 7000 y 16000 Å. En la zona de solapamiento de ambas redes, los valores obtenidos de la eficiencia están en buen acuerdo.

A la salida del monocromador Bausch & Lomb se coloca la termopila o bien el sistema que se desea calibrar, tal y como aparece en la Fig. 62. Se ha controlado la tensión aplicada a la lámpara que debe mantenerse perfectamente estabilizada ya que la emisión depende de la temperatura y ésta de la corriente que pasa.

El número de impulsos que da un fotomultiplicador $N_f(\lambda)$ es directamente proporcional a la intensidad $I(\lambda)$ de la radiación, de longitud de onda λ :

$$N_f(\lambda) = K_1 \epsilon(\lambda) I(\lambda) \quad (\text{II.6})$$

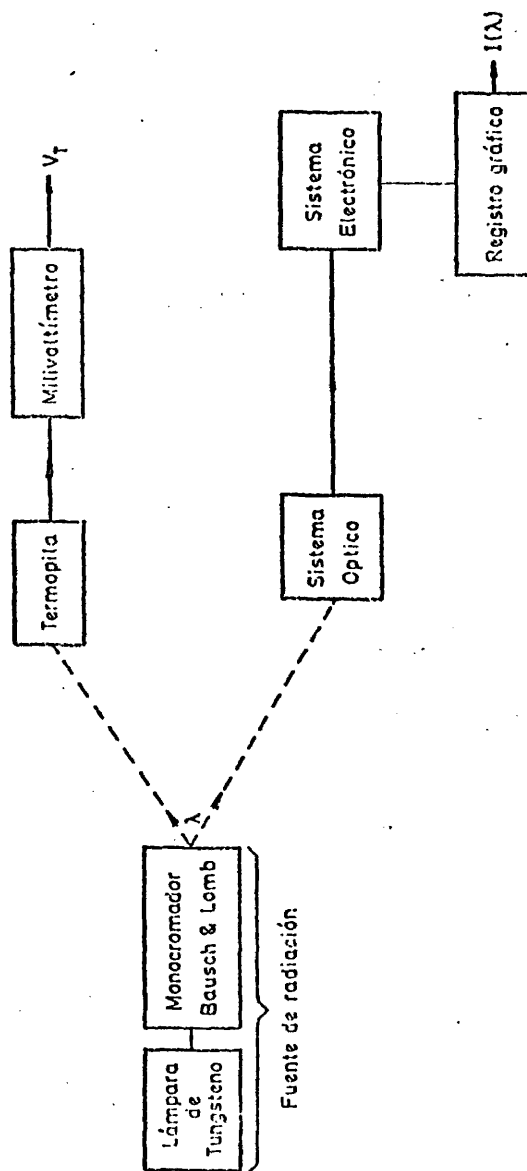
donde K_1 es un factor que depende de la geometría y $\epsilon(\lambda)$ es la eficiencia del sistema óptico (prisma, monocromador y fotomultiplicador). La termopila genera un voltaje $V_T(\lambda)$ proporcional a la intensidad luminosa que recibe, es decir,

$$V_T(\lambda) = K_2 I(\lambda) \quad (\text{II.7})$$

K_2 es un factor geométrico constante. Dividiendo por $h\nu$ tendremos la respuesta de la termopila en número de fotones:

$$\lambda \cdot V_t(\lambda) = K' I(\lambda) \quad (\text{II.8})$$

Sustituyendo en (II.6) el valor de $I(\lambda)$ dado por (II.8), se obtiene la eficiencia del sistema:

FIG. 62.- DIAGRAMA DEL DISPOSITIVO DE CALIBRACION (1^{er} METODO)

$$\epsilon(\lambda) = K \frac{N_F(\lambda)}{\lambda \cdot V_t(\lambda)} \quad (II.9)$$

El segundo método de calibración consiste en comparar la respuesta del sistema a una lámpara de emisión continua con la distribución teórica de Planck para dicha lámpara. Si bien la distribución de Planck se obtuvo para un cuerpo negro (ente ideal), existen cuerpos incandescentes a una temperatura T para la que la distribución relativa de su potencia de emisión es semejante a la de un cuerpo negro a una temperatura llamada temperatura de color, T_{col} . Así, para estos cuerpos resulta posible, conocida su temperatura de color, calcular mediante la fórmula de Planck su distribución de potencia. Entonces, el número de fotones emitidos con longitudes de onda comprendidas entre λ y $\lambda + d\lambda$ vendrá dado por:

$$N(\lambda)d\lambda \propto \frac{1}{\lambda^4} \frac{d\lambda}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \text{ fotones/ unidad de área y tiempo} \quad (II.10)$$

En este trabajo se ha utilizado una lámpara de wolframio (tungsteno) de filamento en cinta, General Electrica, de 9 A y 6 V que tiene una temperatura de color de 3123°K ($\lambda_{m\acute{a}x} = 9279,5\text{\AA}$). A lo largo de la calibración se ha mantenido el voltaje aplicado a la lámpara lo más estable que ha sido posible (detectado con multímetro Ballantine 3028 B que aprecia milésimas de voltio) para asegurar que la emisión de la lámpara no variaba a lo largo de la medida.

Así, mediante ambos métodos se ha calibrado el dispositivo experimental para la zona eficaz de cada uno de los fotomultiplicadores utilizados. Los resultados combinados de ambos métodos nos dieron la eficiencia del sistema.

En la Fig. 63 se muestra la eficiencia espectral del sistema (fotomultiplicador XP2000) de 3400 a 6000 Å. La respuesta del sistema aparece normalizada a cien.

Análogamente, en la Fig. 64 se muestra la curva de eficien-

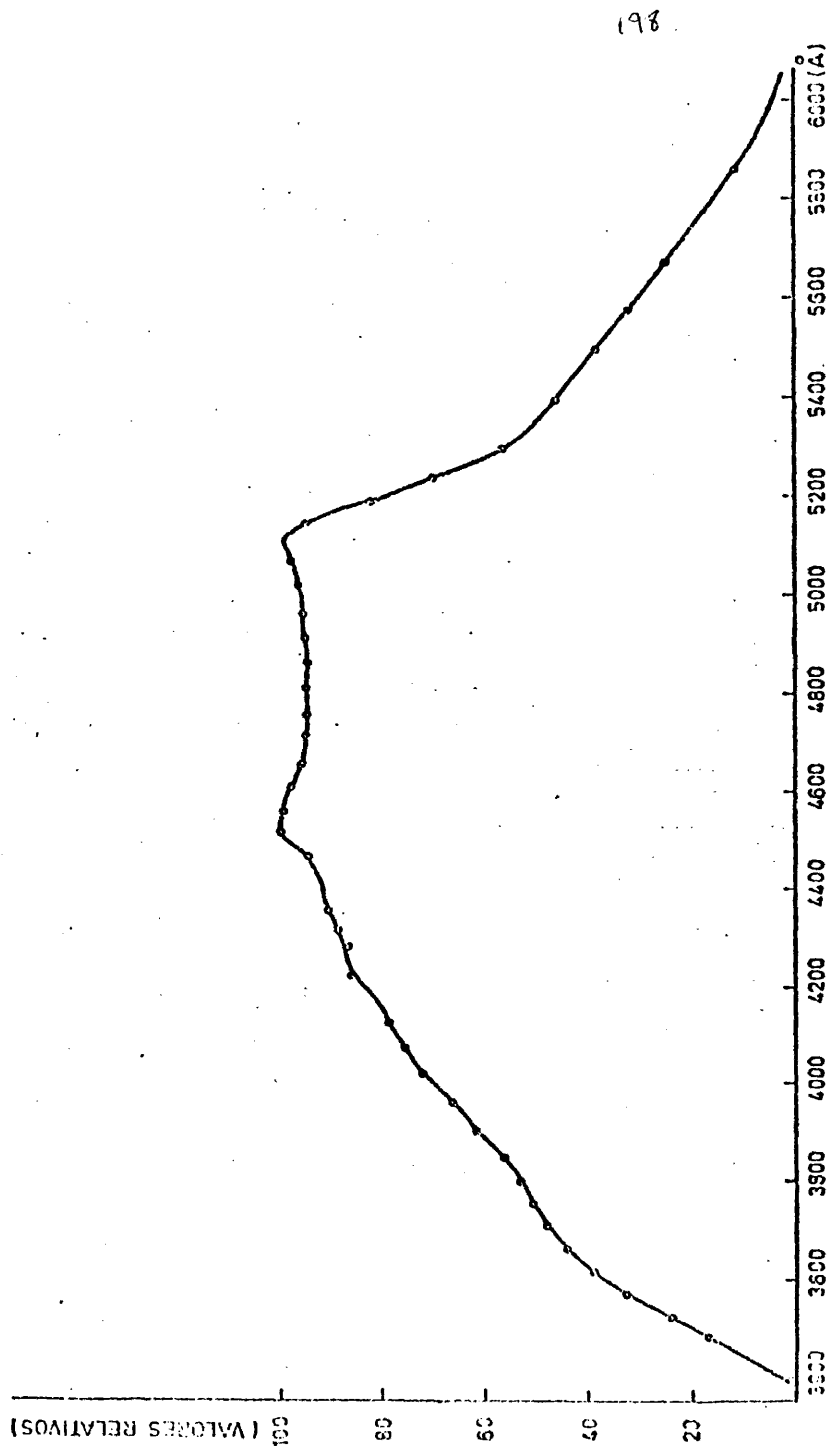


FIG. 63. EFICIENCIA DEL SISTEMA (F.M. Xp 2000)

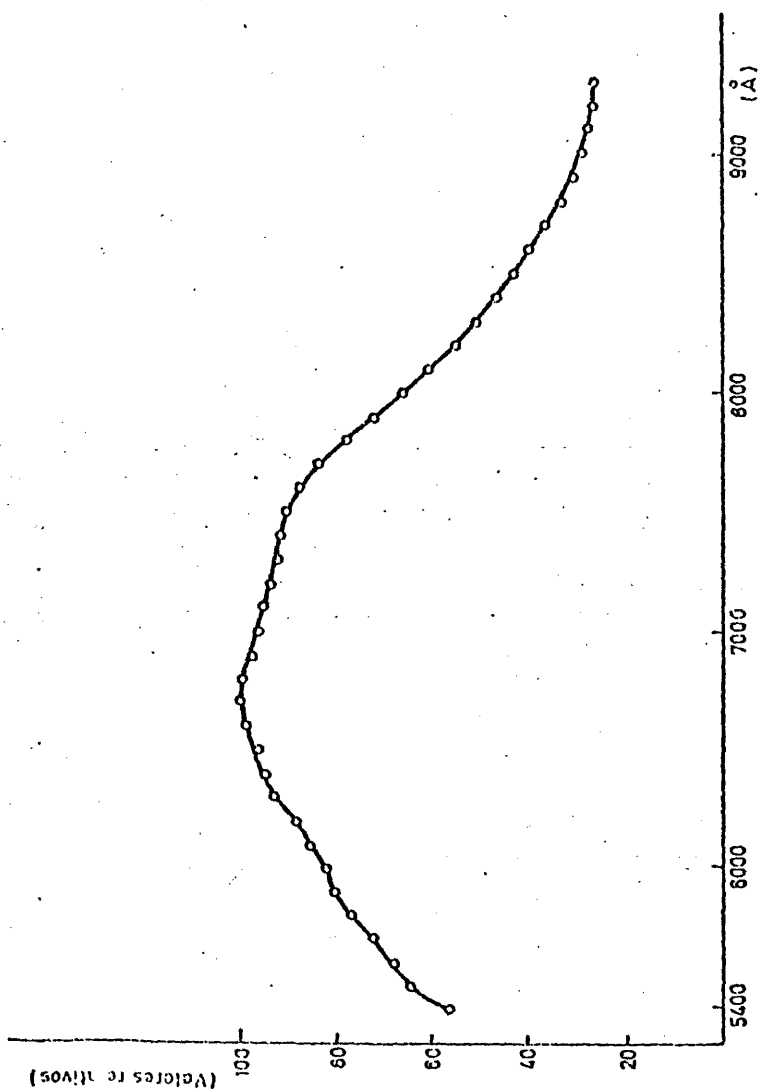


FIG. 64 EFICIENCIA DEL SISTEMA (F. M. XP 1005)

cia del sistema para la zona de 5400 a 9200 Å (fotomultiplicador XP1005). En esta zona al aplicar el primer método fue necesario empalmar las respuestas obtenidas con las dos redes del espectrómetro Bausch & Lomb. Sin embargo, al utilizar la lámpara de emisión continua no fue necesario hacer ningún empalme, pero en la zona comprendida entre 8800 y 9200 Å la curva de la eficiencia variaba sensiblemente de forma al modificar en un 1,5% la temperatura de color de la lámpara debido a la proximidad en longitudes de onda del máximo de emisión. Por ello, a los valores de las probabilidades de transición de esta zona espectral se les ha dado un mayor margen de error, se observa también para $\lambda < 6000$ Å una caída pronunciada debido a que en las medidas realizadas entre 5400 y 9400 Å, se ha antepuesto al monocromador un filtro amarillo para evitar mezcla de líneas por presencia de segundos órdenes. Este filtro, que tiene su longitud de onda de corte a 5100 Å, disminuye gradualmente su transmisión a partir de los 6000 Å, como se pudo comprobar al medir la transmisión de dicho filtro.

II.1.4.- Calibración del integrador y comprobación de otros factores

La diferencia de intensidades de las líneas que parten de un mismo nivel nos lleva a realizar medidas en las distintas escalas de recuento del integrador (desde 300 cuentas/seg a 30000 cuentas/seg). Es, pues, necesario conocer la relación entre ellas. Es más, hay que asegurarse que el integrador proporciona una respuesta lineal frente a las señales que recibe. Para comprobarlo se llevan una señales conocidas, por ejemplo, las de un generador de impulsos al integrador y simultáneamente a una escala. Dentro del margen de error de la medida, se encuentra una relación lineal entre la señal el integrador en μA y el número de cuantos de la escala. Al realizar esto para las distintas escalas del frecuencímetro, obtenemos, además, la relación entre ellas. La relación entre las escalas se puede medir también comparando las intensidades obtenidas para una misma línea del

espectro en dos escalas consecutivas. Los resultados obtenidos concuerdan dentro del error experimental con los obtenidos por el método anterior.

También se realizaron medidas para detectar la variación de respuesta del sistema con la polarización de la luz. Así se comparó la respuesta del sistema para luz polarizada en una cierta dirección con la obtenida para luz polarizada en la dirección perpendicular. Las respuestas obtenidas diferían en un factor constante en todas las longitudes de onda de la zona espectral de trabajo.

Para conocer el fondo y poder determinar con seguridad la base de la línea se hacían medidas, en cada caso, del fondo antes y después de la obtención de la línea.

II.2.- DETERMINACION DE LAS PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS Y ABSOLUTAS

Para determinar probabilidades de transición relativas del Ar I hemos medido las intensidades de las líneas correspondientes a tales transiciones. Como medida de estas intensidades, hemos tomado la altura de la línea de emisión sobre la línea de fondo del espectro. La identificación de las líneas se ha realizado a partir de las tablas de A.R.Striganov y N.S.Sventitskii [17] y de G.Norlén [18].

Para la medida de las intensidades de las líneas hemos elegido el espectro emitido por una lámpara de descarga en lugar del obtenido por excitación con electrones, porque en este último las intensidades pueden verse afectadas por pequeñas variaciones de la presión del gas difícilmente controlable durante todo el tiempo que dura el barrido; es más fácil mantener estabilizada la tensión aplicada a la lámpara; hemos de considerar que fluctuaciones en la tensión también pueden influir en las intensidades.

Se ha sacado espectros con distintas velocidades del monocromador y del papel del registrador (doce posibilidades en total). En la medida de las intensidades de las líneas se ha utilizado la velocidad más baja del monocromador $2 \text{ \AA}/\text{seg}$ que corresponde en el papel a $2 \text{ \AA}/\text{cm}$. Hemos de considerar que con el diafragma utilizado, la resolución del monocromador es de $0,5 \text{ \AA}$. En las Figs. 65 a 72 se muestran distintas zonas del espectro del Ar I obtenido a $10 \text{ \AA}/\text{seg}$, siendo la velocidad del papel del registrador 600 mm/h .

En la Fig. 65 se muestran las líneas más intensas del Argon neutro (la más intensa es la línea de 8115 \AA), todas ellas se deben a transiciones desde niveles $3p^5 4p$. Se han representado aisladas por cubrir una extensa zona del espectro. En la Fig. 66 se muestra la zona espectral comprendida entre 7170 y 6870 \AA . Las líneas más intensas provienen de niveles $4p$ ($7147,0 \text{ \AA}$, $7067,2 \text{ \AA}$ y $6965,4 \text{ \AA}$), $4d$ ($6937,7 \text{ \AA}$ y $6871,3 \text{ \AA}$) y $6s$ ($7068,7 \text{ \AA}$ y $7030,2 \text{ \AA}$).

En la Fig. 67 se muestra el espectro del Ar I entre 6880 y 6600 \AA . Es ésta una zona de pequeña densidad de líneas espectrales (24 líneas según la ref. [17]) y poca intensas; sin embargo, hemos podido identificar líneas como la de $6851,9 \text{ \AA}$ de intensidad 4 según la ref. [17] gracias a la alta eficiencia del sistema en esta zona. En la Fig. 68 se muestra la zona espectral comprendida entre 6310 y 6020 \AA . Las líneas de $6059,4$ a $6025,1 \text{ \AA}$ se repiten en el espectro de la Fig. 69 obtenido con el fotomultiplicador XP 2000. La diferencia de intensidades que presentan estas líneas se puede deber a que el espectro de la Fig. 68 se obtuvo anteponiendo el filtro amarillo anteriormente citado. En la Fig. 70 se muestra la zona del espectro comprendido entre 5660 y 5370 \AA , se puede observar la gran cantidad de líneas existentes en esta zona comparada con las anteriores.

En la Fig. 71, se muestra la zona espectral comprendida entre 4970 y 4690 \AA . Se puede observar la diferencia de inten-

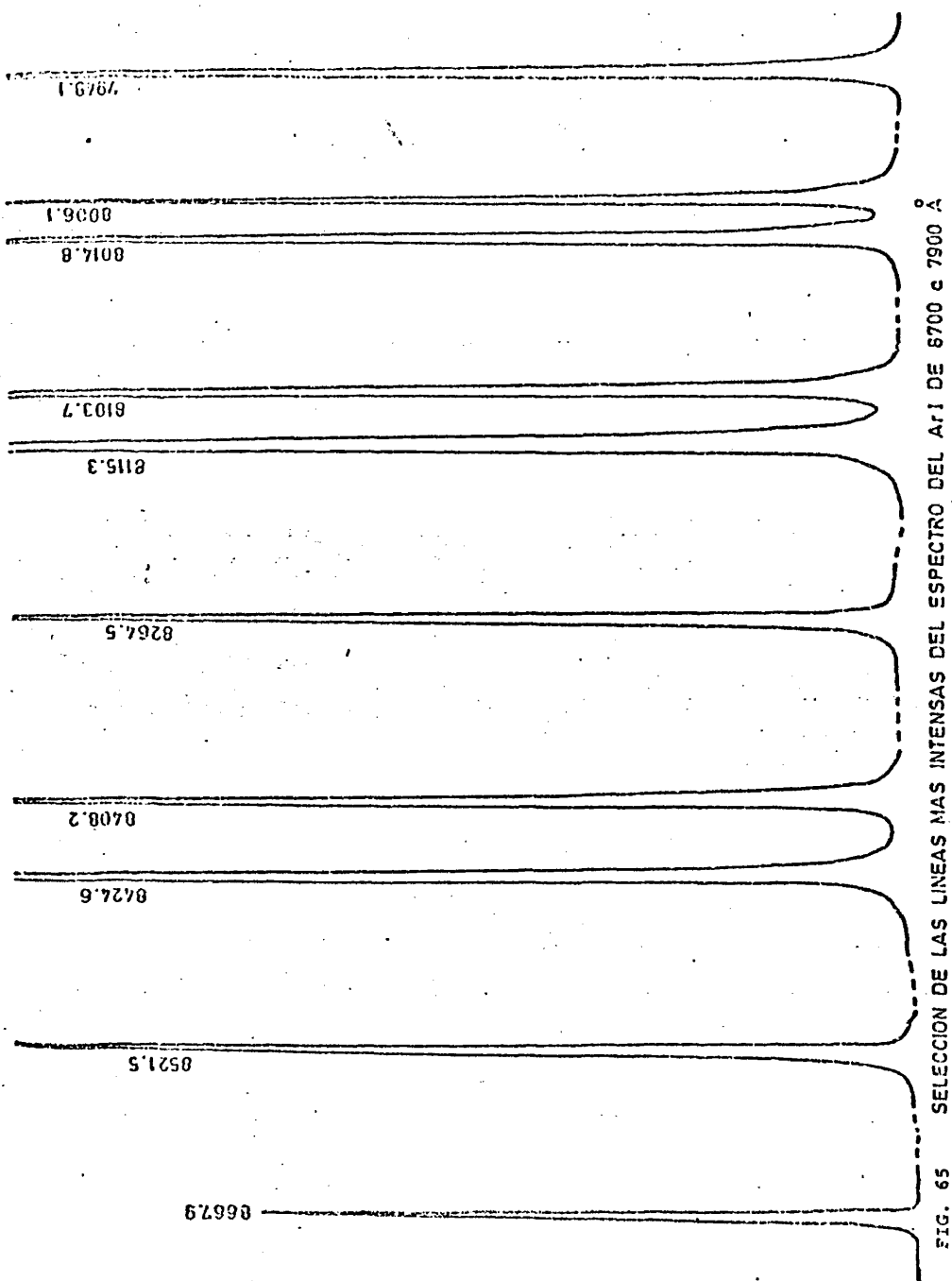


FIG. 65 SELECCION DE LAS LINEAS MAS INTENSAS DEL ESPECTRO DEL ArI DE 8700 a 7900 Å

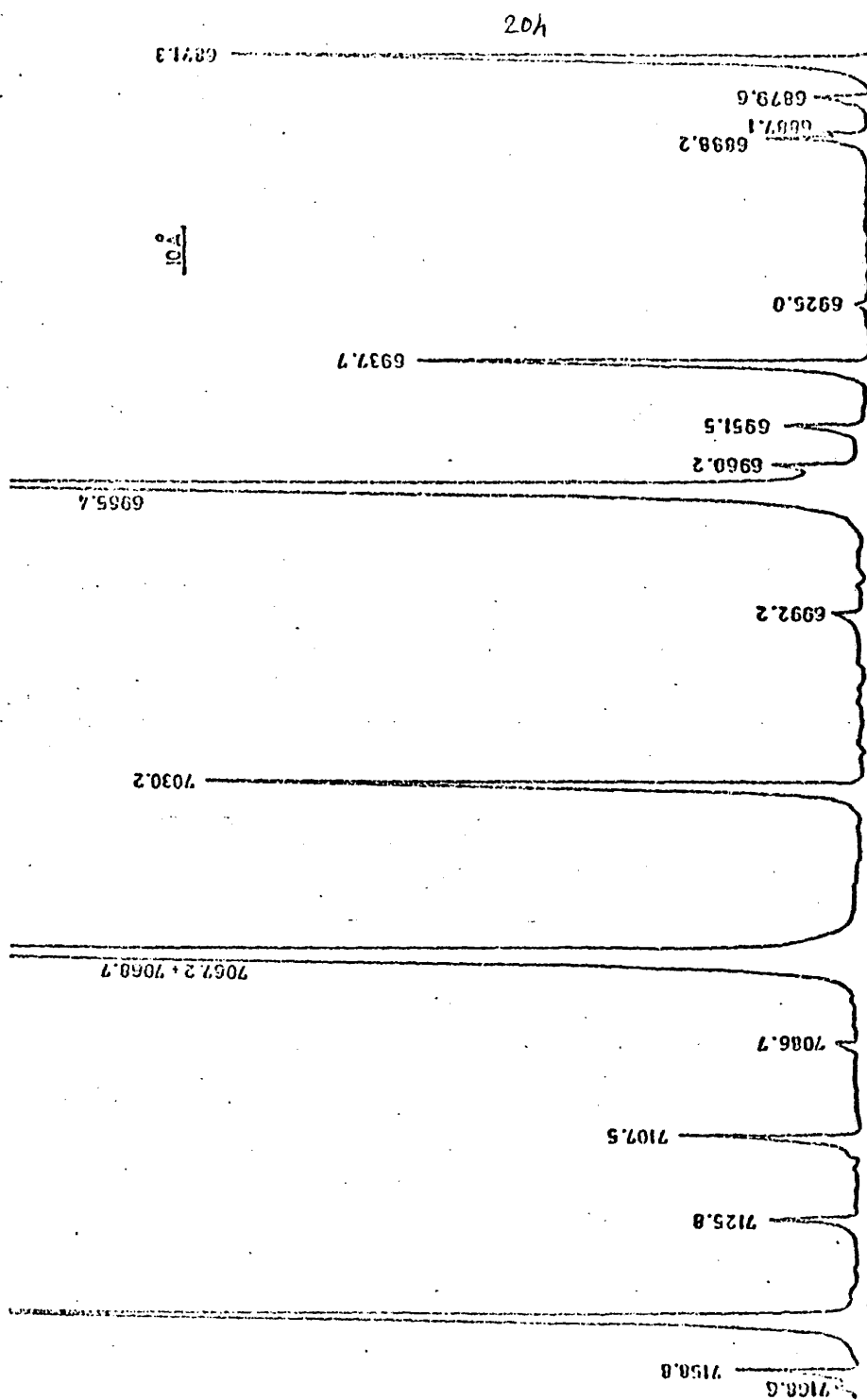


FIG. 66 ESPECTRO DEL Ar I DE 7170 a 6370 Å

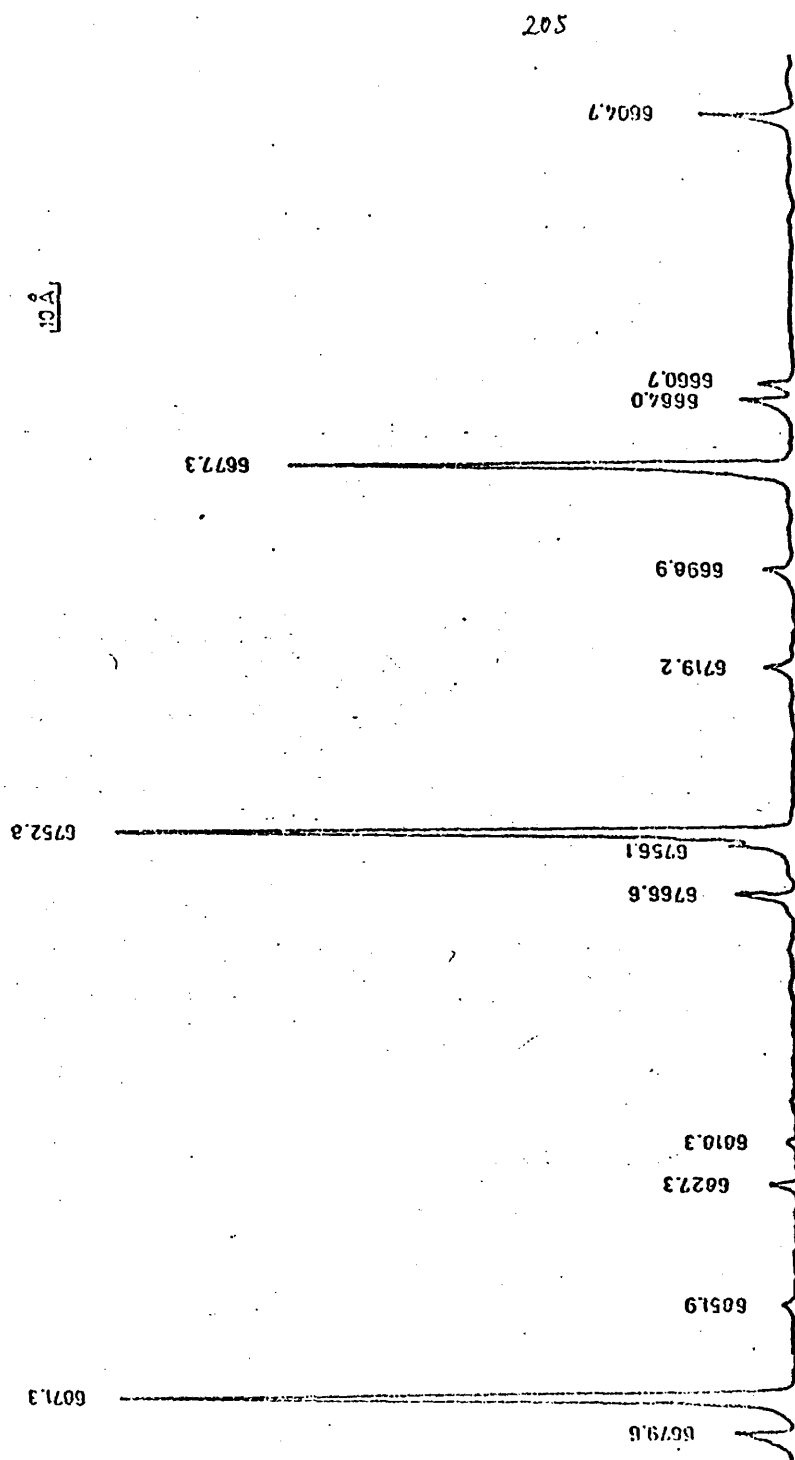


FIG. 67 ESPECTRO DEL Ar I DE 5630 a 6600 Å

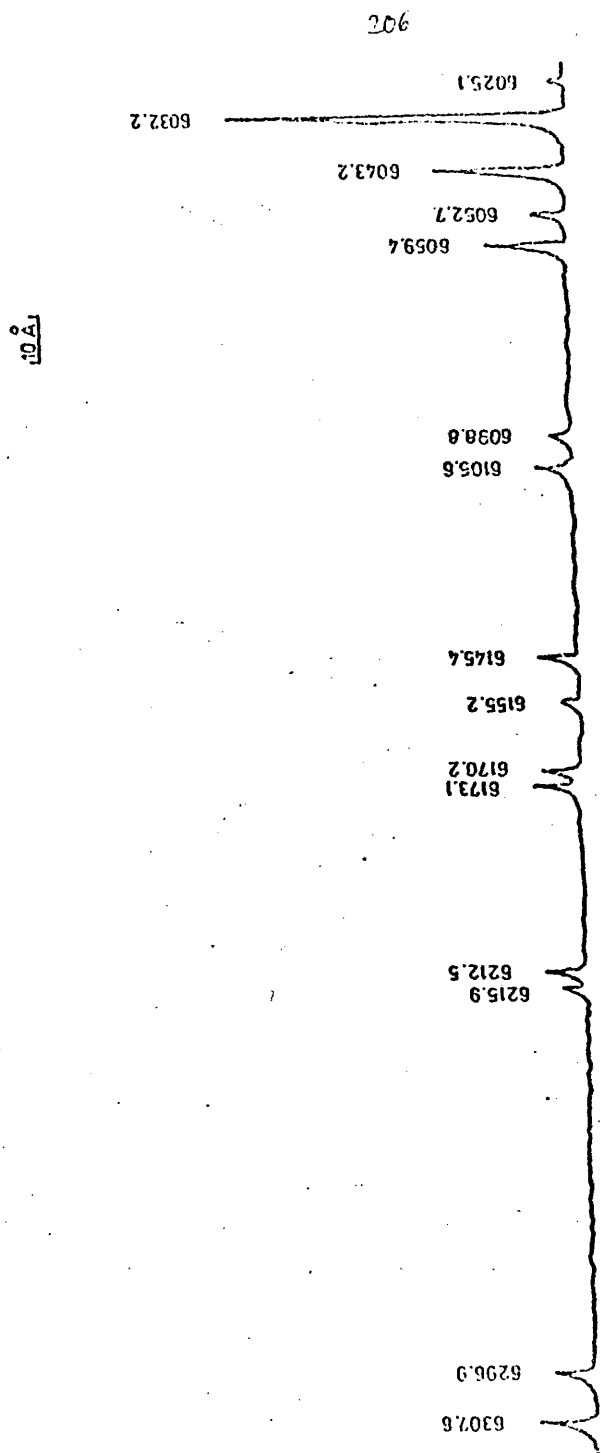


FIG. 68 ESPECTRO DEL Ar I DE 6310 a 6020 Å

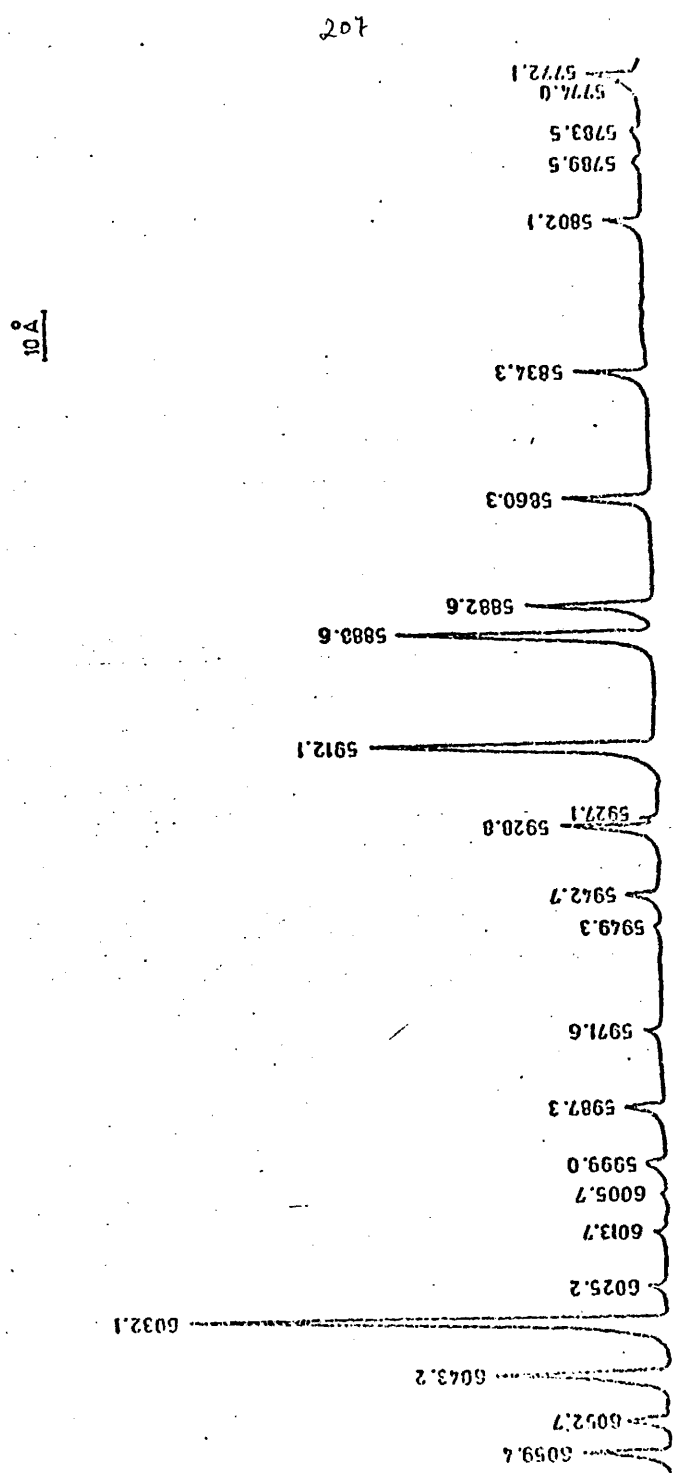


FIG. 69 ESPECTRO DE Ar I DE 6060 a 5770 Å

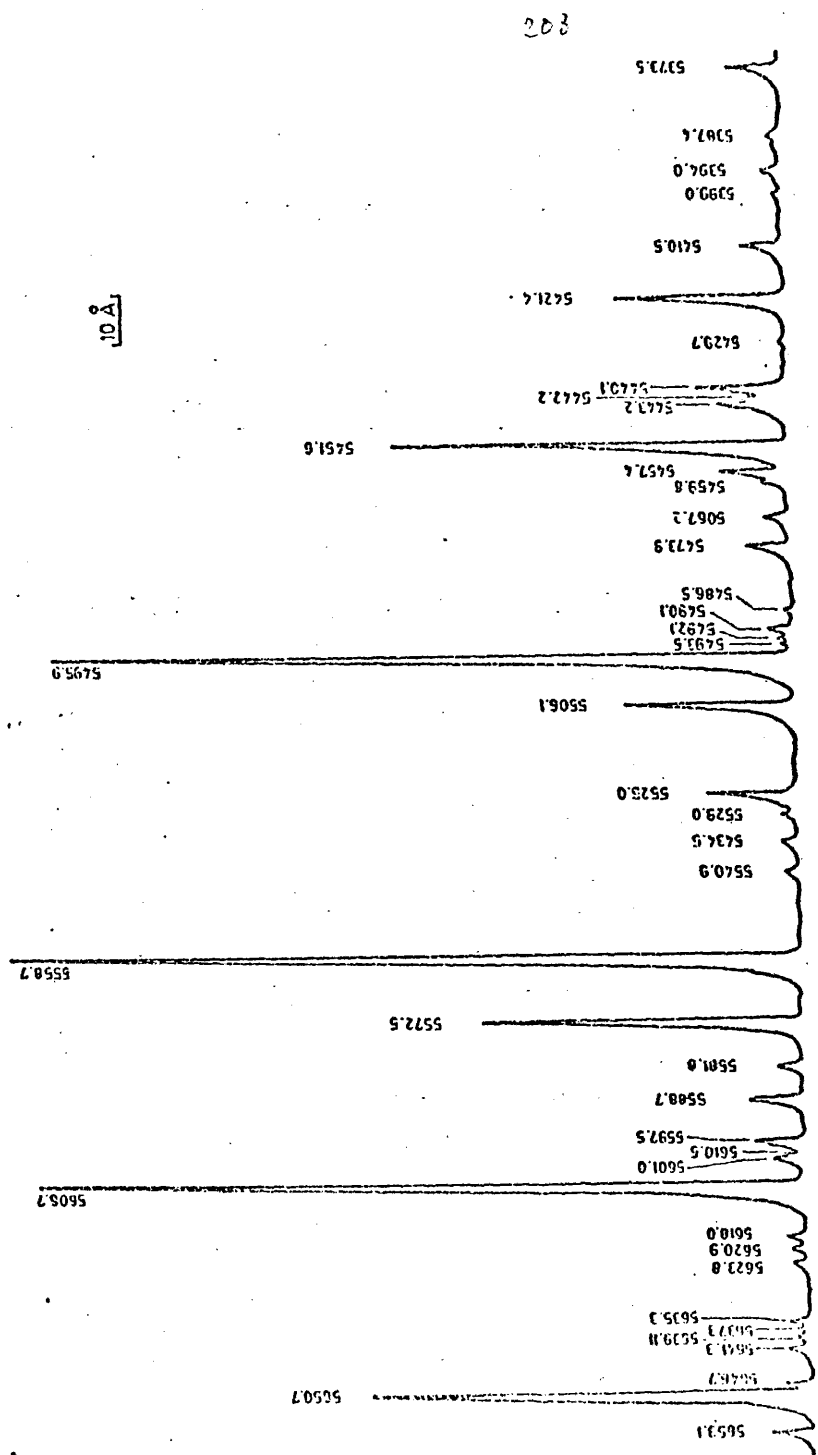


FIG. 70 ESPECTRO DEL A: I DE 5680 A 5370 Å

sidades entre la línea de 4702.3 \AA ($I = 1200$ según ref. [17]) debida a una transición desde un nivel $3p^5 5p$, y las restantes líneas.

En la Fig. 72 se muestran las líneas que parten de niveles $3p^5 5p$ que son junto con las que parten de niveles $3p^5 4p$ las más intensas del espectro del Ar I.

Una vez identificadas las líneas en el espectro, se pasó a medir las intensidades de las líneas que parten de un mismo nivel, mediante diversos barridos de estas líneas aisladas, con el fin de poder detectar posibles variaciones en las alturas relativas de las líneas. Así se han determinado las probabilidades de transición relativas de las líneas que tienen por origen niveles de las configuraciones $3p^5 ns$ ($n = 6, 7, 8, 9$), $3p^5 np$ ($n = 4, 5, 6$), $3p^5 nd$ ($n = 4, 5, 6, 7$) cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 3400 y 9400 \AA . En total se han estudiado 237 líneas procedentes de 68 niveles.

Para los niveles $3p^5 4p$ se han podido medir las intensidades de todas las líneas que parten de estos niveles; como, por otra parte, se había obtenido el valor de sus vidas medias, se ha podido determinar no sólo las probabilidades de transición relativas, sino también las absolutas. Para las restantes configuraciones, la contribución de las transiciones cuya longitud de onda estaba fuera de nuestro rango espectral de detección era superior a un 50% según los cálculos realizados en [18]. Sin embargo, para las transiciones procedentes de niveles $5p$ se ha pasado a valores absolutos de las probabilidades de transición, tomando para la línea más fiable valor experimental dado por la ref. [20]. Se ha elegido los resultados de estos autores por ser una media de los resultados experimentales existentes hasta el momento de hacerse la recopilación (1969). En otros casos los cálculos realizados en [18] nos han permitido evaluar la contribución de las transiciones no medidas.

A continuación se describe detalladamente el modo particu-

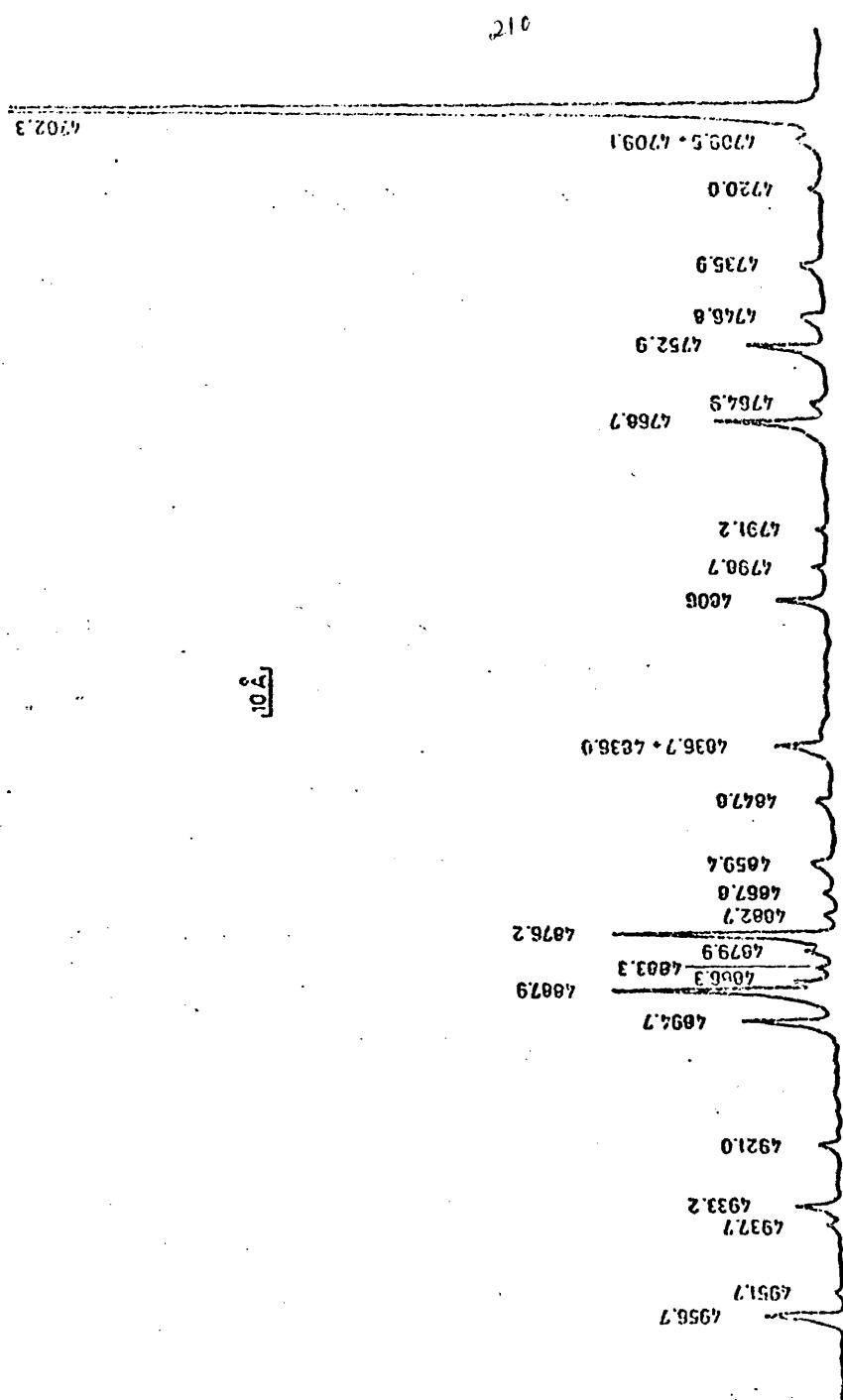


FIG. 71 ESPECTRO DEL Ar I DE 4970 a 4590 Å

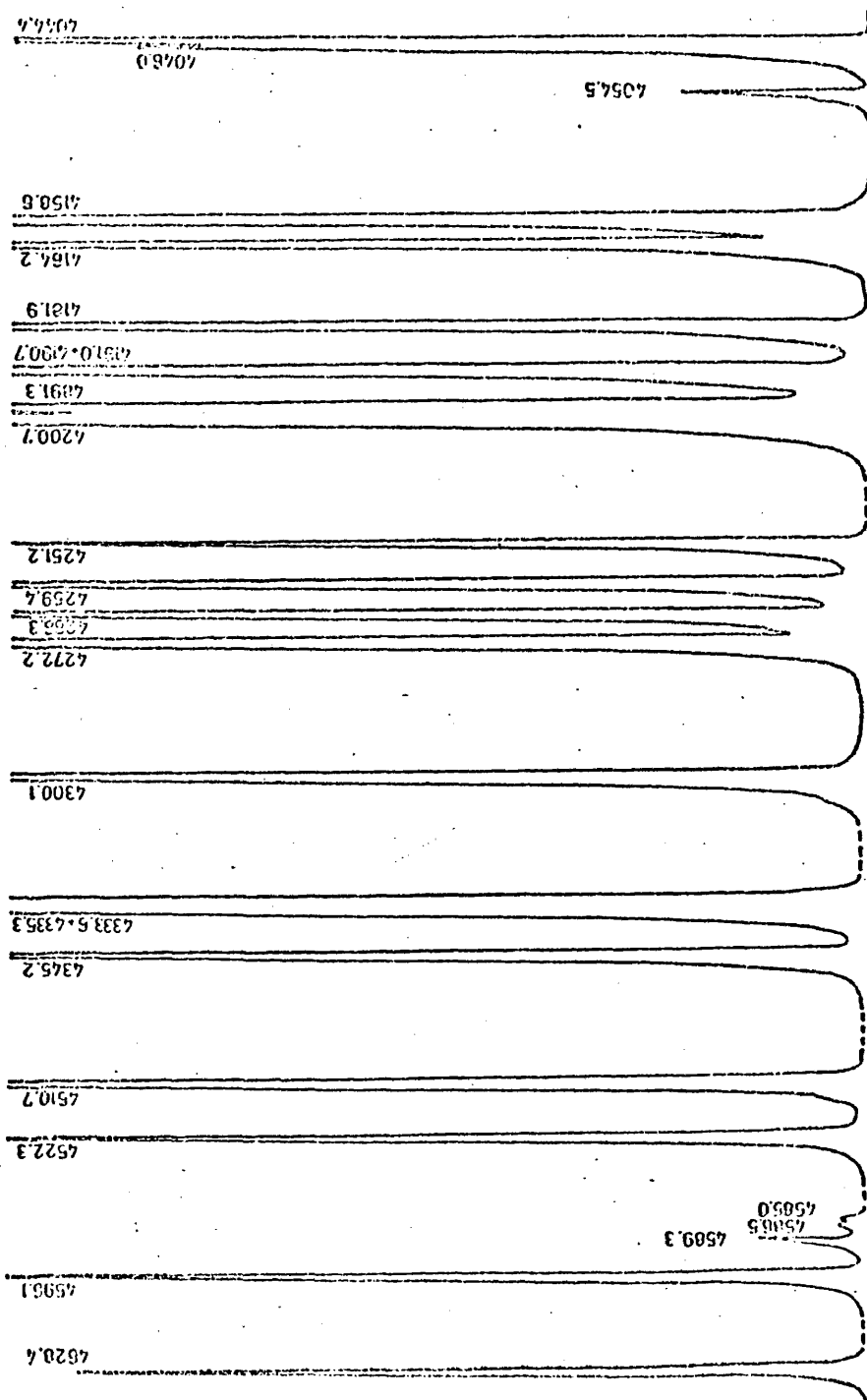


FIG. 72 SELECCION DE LAS LINEAS MAS INTENSAS DEL Ar I EN LA ZONA ESPECTRAL DE 4630 a 4000 Å

lar de desexcitación de cada uno de los niveles de las configuraciones anteriormente mencionadas.

II.2.1.- Probabilidades de transición absolutas y relativas desde niveles $3p^54p$

Se han medido las intensidades de las transiciones $4p \rightarrow 4s$ excepto para el nivel $4p|1/2|_1$ (ya que no se había podido medir su vida media). Para los restantes niveles como se conocía su vida media se han podido determinar las probabilidades de transición absolutas con errores comprendidos entre un 11 y un 25% excepto para los niveles $4p|5/2|_3$ y $4p|1/2|_0$ que se han obtenido directamente de la vida media y que presentan errores de un 6 y un 10% respectivamente.

Las líneas medidas son las más intensas del espectro del Ar I. El fotomultiplicador empleado ha sido el XP 1005 pues estas líneas tienen sus longitudes de onda entre 6677 y 9354 Å.

Para longitudes de onda superiores a 8800 Å la determinación de la eficiencia del sistema presenta un margen de error comprendido entre un 11% (para 8800 Å) y un 20% (9400 Å). Por ello la determinación de las probabilidades de transición en esta zona presenta un mayor margen de error (hasta un 25% para la línea de 9354.22 Å).

En la tabla 11 se muestran los valores experimentales obtenidos por nosotros para las probabilidades de transición relativas de las líneas que parten de niveles $3p^54p$. Estos resultados se comparan con los obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] (trabajo de recopilación); Ya.F.Verolainen y A.L.Osherovich [21] (método semejante al nuestro).

J.B.Shumaker Jr y C.H.Popenoe [28] y H.N.Olsen [45] (arco térmico), A.Pery-Thorne y J.E.Chamberlain [44] (método de *hooks* L.R.Doherty [46], y L.P.Razumovskaya [47] (combinando medidas de

Tabla 11.-PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 4p + 4s

[illegible]

absorción y emisión). Se hace, además, en esta tabla una comparación con los cálculos teóricos realizados en [16] y con los obtenidos en acoplamiento intermedio por P.D. Johnston [16], R.A. Lilly [30], M. Aymar et al [31] y R.H. Garstang y J. van Blerkom [48].

En los resultados de las Refs. [28] y [45] se utiliza el método de emisión descrito en la introducción de este capítulo, cuya mayor fuente de error es la determinación de la población del nivel superior.

En la tabla 12 aparecen las probabilidades de transición absolutas para las líneas que tienen por origen los niveles $4p$. Los cálculos de la ref. [31] se han realizado en aproximación de longitudes del dipolo (S) y velocidad del dipolo (S'). Para valores próximos de S y S' los autores han conseguido cálculos más refinados incluyendo un término que tiene en cuenta la interacción de configuraciones (S^2).

Probabilidades de transición de las líneas con origen en el nivel $4p|5/2|_3$ ($2p_9$)

La única vía de desexcitación del nivel $4p|5/2|_3$, en aproximación dipolar eléctrica, es la transición $5s|3/2|_2 - 4p|5/2|_3$ de 8114.31 \AA . Es ésta la línea más intensa del espectro, de intensidad 5000 según la tabla de la ref. [17] y 37 según la clasificación de la ref. [18].

Su probabilidad de transición vendrá dada como inversa de la vida media del nivel $4p|5/2|_3$ cuyo valor aparece en la tabla 1 del capítulo I.

El valor para la probabilidad de transición es $(32.3 \pm 2.1) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Valor intermedio de los resultados experimentales existentes en la literatura que oscilan entre $(19.4 \pm 4.9) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ de la ref. [44] y $(39.5 \pm 4) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ de la ref. [28]. Los valo-

Tabla 12.- PROBABILIDADES DE TRANSICION ABSOLUTAS $49-43$

TRANSICION	Linea $\lambda(\text{\AA})$	VALORES EXPERIMENTALES ($\times 10^{-6} s^{-1}$)					VALORES TEORICOS ($\times 10^{-6} s^{-1}$)						
		Seca Trabajo	R.20	R.21	R.28	R.45	R.46	R.47	Nos. (3N)	R.16 (IC)	R.10 (IC)	R.48 (IC)	R.31(CO) S
$4s^2 3/2^2_2 - 4s^2 1/2^2_2$	8115.31	32.322.1	36.659.0		39.524	22.212.4	19.414.2	22.2	30.9	31.6	31.3	34.0	35.1
$4s^2 3/2^2_2 - 4s^2 5/2^2_2$	8016.79	10.851.3	9.652.4		10.451	8.050.4	8.922.2	9.3	15.444	3.5	9.7	9.8	10.0
$4s^2 1/2^2_1 - 4s^2 3/2^2_1$	8455.65	22.712.8	23.315.8		25.213	19.411.0	10.712.7	16.7	16.914	20.0	20.4	20.8	21.1
$4s^2 1/2^2_1 - 4s^2 5/2^2_1$	9784.50		1.850.4		1.750.2					0.9	1.2	1.1	1.2
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 3/2^2_1$	7721.76	4.500.9	5.751.4		6.250.7		4.151.0			6.4	5.3	5.6	5.5
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 5/2^2_1$	8103.69	23.154	27.727		22.933	26.851.3	19.454.6	24.3	20.5	23.9	24.2	25.7	25.6
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	8667.94	4.110.7	2.850.7		3.050.3		44			3.2	2.6	3.2	3.0
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 3/2^2_1$	9154.22	1.600.4	1.250.3		1.250.1					0.6	0.8	0.6	1.0
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 3/2^2_2$	7635.11	22.523.5	27.456.9		31.223.4	29.653	20.350.8	16.454.6	25.0	35.7	24.8	27.0	26.2
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 5/2^2_2$	8776.16	7.251.1	4.751.2		7.750.8	5.050.5	5.150.2	5.451.4	6.251.5	3.6	4.9	4.6	5.8
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	9224.50	11.222.8	5.951.5		7.250.8	6.350.6			27.7	5.7	5.2	5.9	6.1
$4s^2 3/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	7514.65	51.315	43511		46.415	36.222.5	32.0210	48.0	49515	43.0	42.3	43.9	44.2
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 3/2^2_1$	8575.64	<0.01			<0.001					0.02	0.00	0.02	0.05
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 3/2^2_1$	7147.04	0.950.1	0.750.2		1.050.1	0.750.1	3.050.9			1.4	1.0	1.3	1.0
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 5/2^2_1$	7471.17	0.051125	0.01125		0.55105	0.31105	3.010.9			0.4	0.1	0.4	0.13
$4p^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_2$	7968.17	17.951.0	19.654.9		20.522.2	21.222.3	14.750.7	25.156.2	21.8	23.7	19.1	20.4	20
$4p^2 1/2^2_1 - 4p^2 3/2^2_1$	8221.45	16.252.8	14.753.7		14.351.6	15.951.6	10.640.3		30.75.5	19.2	12.5	13.0	13.1
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 3/2^2_2$	7067.22	4.750.7	4.051.0		8.150.9	4.350.4		5.351.6		5.5	4.5	5.7	5.2
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 5/2^2_2$	7182.98	9.451.4	8.752.2		11.251.2	9.450.9	8.750.5	8.952.7	10.7	8.6	9.2	9.1	10.7
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	8455.21	25.814.0	24.416.1		20.322.2	26.412.8	19.911.0	18.8	12.3	31.7	20.4	22.3	22.1
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 1/2^2_1$	8965.43	6.651.0	6.751.7		9.451.0	7.350.8	5.350.3	8.722.2		7.2	7.4	8.9	8.6
$4s^2 3/2^2_2 - 4p^2 3/2^2_1$	7272.93	2.250.4	2.050.5		2.710.3	2.210.2	16.150.8			1.9	1.9	1.9	2.2
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_2$	7726.21	10.251.5	12.753.2		10.351.1	13.751.5	19.553.6		14.153.5	12.8	11.4	12.5	12.2
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 3/2^2_2$	8264.52	17.052.5	16.854.2		13.351.5	18.152.0	15.551.2	15.4	21.5	24.1	17.0	17.2	17.5
$4s^2 3/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	6677.28	0.36206	0.24225		0.03105	0.26105				0.05	0.09	0.04	0.1
$4s^2 1/2^2_1 - 4p^2 1/2^2_1$	7503.87	45.155.0	47.2512		49.655.4	51.055.6	43.251.7	55.0	50512	42.5	43.0	44.1	44.4

res teóricos se mantienen entre $32.9 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y $40.8 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ calculados ambos por la ref. [31] según la aproximación de la longitud y la velocidad del dipolo.

Probabilidades de transición de las líneas que parten del nivel $4p|5/2|_2$ ($2p_8$)

De las tres líneas que parten del nivel $4p|5/2|_2$ sólo dos son accesibles a nuestro sistema experimental. Sus probabilidades de transición absolutas y relativas son:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 4p 5/2 _2$	8014.79	47.5	10.8 1.3
$4s 3/2 _1$	8424.65	100	22.7 2.8
$4s' 1/2 _1$	9784.50	-	-

Para pasar a las probabilidades de transición absolutas es necesario conocer la vida media del nivel medida con anterioridad y de valor $29 \pm 2 \text{ ns}$ y además, estimar la contribución de la transición $4s'|1/2|_1 - 4p|5/2|_2$. Para ello, la existencia de resultados anteriores a los nuestros nos permitió estimar su valor relativo en 4,9, valor asignado por P.D. Johnston [16] a esta transición, la elección del valor de la ref. [16] se debe a que sus probabilidades de transición relativas son iguales a las nuestras (100 y 47.5 respectivamente). Con todo ello se pasó a determinar las probabilidades de transición absolutas. El error estimado, de un 12,5%, tiene en cuenta el error relativo debido a la diferencia de valores que resultan de considerar la contribución de la transición no-medida como de probabilidad nula, de probabilidad relativa el valor de la ref. [16] o de probabilidad relativa el doble de dicho valor.

Los valores obtenidos por nosotros concuerdan dentro del error experimental con los dados en las refs. [20, 28 y 45], son superiores en menos de un 26% a los de la ref. [46] y discrepan

en un factor 2.1 de los dados en la ref. [44].

Nos da de destacar el buen acuerdo entre los cálculos teóricos realizados en acoplamiento intermedio y los valores experimentales obtenidos para estas transiciones por las Refs. [20, 28, 45] y los presentados en esta Memoria. Los cálculos teóricos realizados por nosotros en acoplamiento jk no permiten todas las transiciones posibles con lo que dan, en general, valores ligeramente altos.

Los valores concretos obtenidos por los diversos autores aparecen en la tabla 12.

Probabilidades de transición de líneas que tienen por origen el nivel $4p\ 3/2\ 1$ ($2p_7$).

Se han medido las cuatro transiciones que parten del nivel $4p\ 3/2\ 1$, los valores obtenidos para sus probabilidades de transición aparecen en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{s}^{-1}$
$4s\ 3/2\ 2 - 4p\ 3/2\ 1$	7723.76	19.9	4.6 ± 0.9
$4s\ 3/2\ 1$	8103.69	100	23.1 ± 4.0
$4s'\ 1/2\ 0$	8667.94	17.6	4.1 ± 0.7
$4s'\ 1/2\ 1$	9354.22	6.8	1.6 ± 0.4

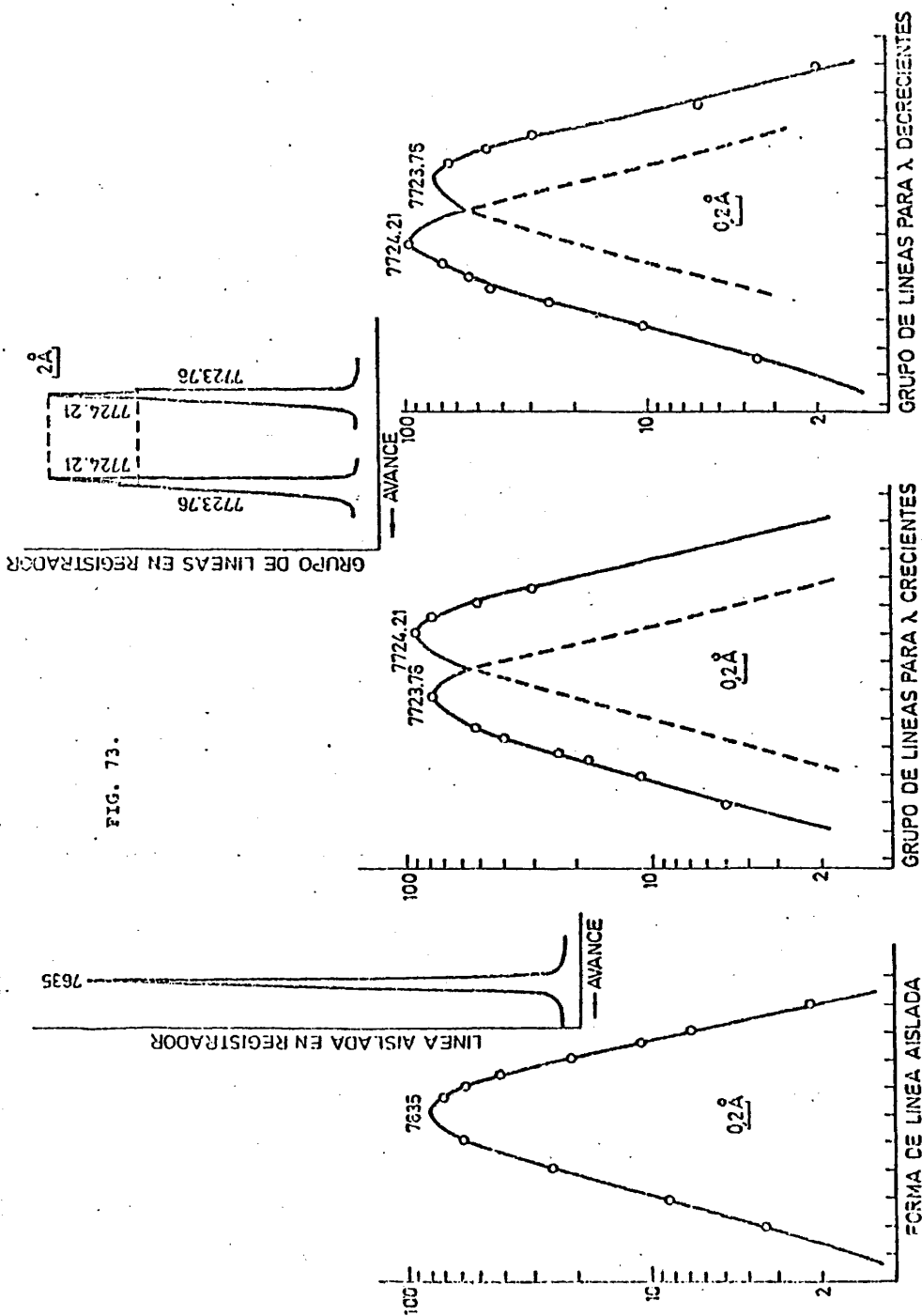
La resolución del dispositivo experimental nos permite ver con claridad las máximas de las líneas de 7723.76 y 7724.21 Å pero sin embargo las alas de las líneas se mezclan por ser la constante de tiempo del integrador distinta de cero. Para medir la contribución de la línea de 7724.21 Å en la de 7723.76 Å de interés, se observó el conjunto, de líneas para barridos del monocromador crecientes y decrecientes en longitudes de onda, después se hizo una representación del conjunto de líneas en papel logarítmico y conocido el perfil de línea en esa zona del

espectro se restó del conjunto la 7724.21 \AA de manera tal que la diferencia equivaliera a un perfil de línea semejante al inicial. Así se ha determinado la contribución de la línea de 7724.21 \AA en el máximo de altura de la línea de 7723.76 \AA , que es de 0.27 . Para determinar el perfil de línea se tomó la línea aislada de 7635 \AA . En la Fig. 73 se muestra el perfil de la línea aislada y su representación semilogarítmica a mayor escala (en registrador 2 \AA/cm ; en representación semilogarítmica $0,2 \text{ \AA/cm}$), así como el grupo de líneas para avance del monocromador hacia λ crecientes y decrecientes. Se observa como la segunda línea obtenida en el barrido tiene mayor altura que cuando se obtiene la primera. Esto se explica por la contribución de las colas. El error estimado para la probabilidad absoluta de esta transición es de 19.5% . Para las líneas de 8103.69 y 8667.94 \AA , el error estimado es de un 17% y para la línea de 9354.22 \AA de 25% . El error estimado para esta última línea es mayor por estar en una zona espectral límite para la red utilizada en el monocromador y observarse pequeñas discrepancias entre los valores obtenidos por los dos métodos utilizados para la calibración del sistema.

Para la línea de 8103.69 \AA el valor obtenido para la probabilidad de transición concuerda, dentro del error experimental, con el obtenido experimentalmente por los restantes autores con métodos muy diversos. El acuerdo con los cálculos teóricos es también bueno.

Probabilidades de transición de las líneas que parten del nivel $4p|3/2|_2$ ($2p_6$)

Se han medido las probabilidades de transición de las tres vías de desexcitación radiativa de este nivel. Los valores relativos y absolutos encontrados se esquematizan en la siguiente tabla:



Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 4p 3/2 _2$	7635.11	100	$22,5 \pm 3.5$
$4s 3/2 _1$	8006.16	32	$7,2 \pm 1.1$
$4s' 1/2 _1$	9224.50	50	$11,2 \pm 3.4$

El error relativo asignado a las líneas de 7635.11 y de 8006.16 \AA es de un 15% , y a la línea de 9224.50 \AA es de un 25% debido a que esta línea se encuentra en una zona extrema de la red.

Para la línea más intensa (7635.11 \AA) , el valor obtenido por nosotros para la probabilidad de transición absoluta está en buen acuerdo con el obtenido por los restantes autores dentro de los márgenes de error dados por cada uno. Para la línea de 8006.16 \AA nuestro valor es intermedio, el valor más bajo es el aportado por la ref. [20] de $(4.7 \pm 1.2 \times 10^6) \text{s}^{-1}$ y el más alto el dado por la ref. [21] de $(7.7 \pm 0.8) \times 10^6 \text{s}^{-1}$. Para la transición $4s'|1/2|_1 - 4p|3/2|_2$, el valor aportado para la probabilidad de transición es mayor en un factor 1.9 al de la ref. [20]; en un factor 1.8 al resultado obtenido en la ref. [28] y en un factor 1.5 al dado en la ref. [21]. Sin embargo, es inferior en un factor 2.4 al resultado de la ref. [47].

Probabilidades de transición de las líneas con origen en el nivel $4p|1/2|_0$ ($2p5$)

La línea de 8578.06 \AA correspondiente a la transición $4s'|1/2|_1 - 4p|1/2|_0$ no se ha podido separar del ruido. Por tanto le hemos atribuido una probabilidad de transición inferior a $0.01 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ y tomado como valor de la probabilidad de transición para la otra vía de desexcitación radiativa ($4s|3/2|_1 - 4p|1/2|_0$) el dado como inverso de la vida media del nivel medido anteriormente.

El valor de la probabilidad de transición es de

$(51.3 \pm 5.0) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ en buen acuerdo dentro del error experimental con los aportados por W.L.Wiese et al. [20] de $(43 \pm 11) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y J.B.Shumaker Jr y C.H.Popenoe [28] de $(46.4 \pm 5.0) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y L.R.Doherty de $48.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Sin embargo, es superior en un 25% al dado por H.N.Olsen [45] e inferior en un factor 1.9 al dado por L.P.Razumouskaya [47]. Los cálculos teóricos dan valores comprendidos entre $42.3 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ [16] y $51.3 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ [31] que discrepan en menos de un 18% de nuestro resultado experimental. El error asignado a la probabilidad de transición estudiada es de un 10%.

Probabilidades de transición de las líneas que parten del nivel $4p' | 3/2 |_1$ ($2p_4$)

Se han determinado las probabilidades de transición de las cuatro líneas que tienen por origen el nivel $4p' | 3/2 |_1$. Los valores absolutos y relativos obtenidos se esquematizan en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 4p' 3/2 _1$	7147.04	5.	0.93 ± 0.11
$4s 3/2 _1$	7471.17	0.2	0.035 ± 0.004
$4s' 1/2 _0$	7947.17	100	17.9 ± 3.0
$4s' 1/2 _1$	8521.45	91	16.3 ± 2.8

La línea más intensa es la esperada según el acoplamiento jk es decir, aquella que cumple $\Delta k = \Delta J = \Delta l = 1$ [19]. Para ella, valor obtenido de la probabilidad de transición está en buen acuerdo, dentro de los márgenes de error, con los obtenidos experimentalmente por los demás autores (consultar tabla 12). Los valores teóricos se encuentran dentro de los límites dados por los valores calculados por M.Aymar et al. [31] en la aproximación de longitud del dipolo ($23.9 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) y en la de velocidad del dipolo ($18.5 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) considerando acoplamiento intermedio. Nuestros valores experimentales presentan errores de

un 17% .

Las mayores discrepancias aparecen para la línea más débil de 7471.17 \AA . Nuestro resultado concuerda dentro de los márgenes de error con los obtenidos en la ref. [20] de $(0.025 \pm 0.006) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ y en la ref. [28] de $(0.029 \pm 0.003) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Sin embargo la ref. [44] aporta un valor de $(4.0 \pm 1.2) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ que supone una discrepancia de un factor mayor a 85 con el grupo de valores de las refs. [20] y [28] y el presentado en este trabajo. Considerables discrepancias aparecen también entre los cálculos teóricos, los cálculos más próximos a nuestro valor experimental son los de la ref. [31] en la aproximación de velocidad del dipolo, que da para esta transición un valor de $0.09 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$.

Probabilidades de transición de las líneas que parten del nivel $4p' | 3/2 | 2(2p_3)$

Se han medido las intensidades de las tres líneas que parten de este nivel dando para sus probabilidades de transición los valores que se esquematizan en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 2 - 4p' 3/2 2$	7067.22	18	4.7 0.7
$4s 3/2 1$	7383.98	36	9.4 1.4
$4s' 1/2 1$	8408.21	100	25.8 4.0

Los errores experimentales se estiman en un 15% .

Los resultados obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] y por J.B.Shumaker Jr y C.H. Popenoe [28] están en buen acuerdo con los obtenidos por nosotros para las probabilidades de transición de las tres líneas. También concuerda, dentro del error experimental, con los resultados dados por Ya.F.Varolainen y A.L. Osherovich [21] y por A.Pery-Thorne y J.E.Chamberlain [44]. El acuerdo con los cálculos realizados en acoplamiento intermedio es

bueno siendo los valores de R.A.Lilly [30] los más próximos a nuestros resultados para las tres transiciones. Los cálculos realizados en acoplamiento jk solo permiten la transición $4s' | 1/2 |_1 - 4p' | 3/2 |_2$ y por tanto el valor de la probabilidad de transición ($31.7 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) es superior a los valores obtenidos experimentalmente para dicha transición, pues el efecto que produce este tipo de acoplamiento puro es el de englobar varias transiciones, permitidas en acoplamiento intermedio, en una sola.

Probabilidades de transición de las líneas con origen en el nivel $4p' | 1/2 |_1$ ($2p_2$)

Se han determinado las probabilidades de transición de las cuatro vías de desexcitación espontánea dipolares eléctricas de este nivel. Sus valores absolutos y relativos aparecen en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 4p' 1/2 _1$	6965.43	39	6.6 ± 1.0
$4s 3/2 _1$	7272.93	15	2.5 ± 0.4
$4s' 1/2 _0$	7724.21	60	10.2 ± 1.5
$4s' 1/2 _1$	8864.52	100	17.0 ± 2.5

Nuestros resultados, que presentan un error de un 15% , están en buen acuerdo con los obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] y con los obtenidos por J.B.Shumaker Jr y C.H.Popenoe [28] para las cuatro líneas. El acuerdo es bueno, también con los resultados encontrados en la ref. [21] para las líneas de 7724.21 y 7272.93 Å . Para esta última línea, H.N.Olsen [45] da un valor de la probabilidad de transición de $(16.1 \pm 0.8) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ un factor 6 mayor que los restantes valores experimentales que no pasan en ningún caso de $(2.7 \pm 0.3) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ [21]. Los cálculos teóricos más próximos a nuestros resultados experimentales son los dados por P.D.Johuston [16]. Todos estos valores aparecen en la tabla 13. Los valores calculados en acoplamiento jk son de

de $24.1 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ para la línea de 8264.52 \AA y de $12.8 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ para la línea de 7724.21 \AA , estos valores son algo superiores a nuestros resultados experimentales por englobar las otras dos transiciones no permitidas.

Probabilidades de transición de las líneas que parten del nivel $4p' | 1/2 |_0$ ($2p_1$)

Los valores obtenidos para las probabilidades de transición de las dos líneas que tienen su origen en el nivel $4p' | 1/2 |_0$ se muestran en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^6 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _1 - 4p' 1/2 _0$	6672.28	0.8	0.36 ± 0.07
$4s' 1/2 _1$	7503.87	100	45.1 ± 5.0

Los resultados aquí presentados están en buen acuerdo, dentro del margen de error experimental, con los obtenidos en las refs. [20] y [28]. Es de notar que el valor obtenido en la ref. [21] para la probabilidad de transición de la línea más débil (6677.28 \AA) es más de un factor 10 inferior a nuestro resultado, en cambio, el acuerdo es bueno con el valor obtenido para la línea más intensa de 7503.87 \AA . Para esta línea, el único valor que excede el margen de error dado a nuestro resultado de $(45.1 \pm 5.0) \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ es el dado por L.R.Doherty [46] de $55 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Los cálculos teóricos incluido los realizados en acoplamiento jk dan buenos resultados para la línea más intensa, sin aproximarse a los valores experimentales para la más débil. Los errores experimentales de nuestros resultados son de un 11% para la línea de 7503.87 \AA y de un 19% para la línea más débil de 6677.28 \AA .

II.2.2.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para transiciones $5p \rightarrow 4s$

Se han medido las intensidades de las líneas correspondientes a las transiciones $5p \rightarrow 4s$. Estas líneas tienen sus longitudes de onda comprendidas entre 3900 y 4700 Å por ello se han detectado con el fotomultiplicador XP 2000.

Conocidas las intensidades de las líneas se han podido determinar las probabilidades de transición relativas que aparecen en la tabla 13. Nuestros valores experimentales se han comparado con los obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] (trabajo de recopilación), C.H.Corliss y J.B. Shumaker Jr [49], I.Bues et al. [50], B.Wende [51] que han realizado medidas utilizando como fuente una lámpara de arco de gas Argon y por último con los resultados obtenidos por B.S.Malone y W.H.Corcoran [52], en un plasma de Argon a la presión atmosférica excitado por un campo de radio frecuencia. En esta tabla se incluyen también los valores relativos de las probabilidades de transición calculadas en acoplamiento jk y los valores relativos de los cálculos realizados en acoplamiento intermedio por J.B.Johnston [16], R.A.Lilly [30] y R.H. Garstang y J.Van Blerkom [48].

Los errores estimados en las medidas de las intensidades relativas han sido de un 10% para las líneas de probabilidad relativa superior a 10 y de un 15% para las de probabilidad inferior a 10 y superior a 1. Para las líneas 4190.71 y 4191.03 Å resueltas en segundo orden (0.25 Å de resolución) el error estimado es de un 18%.

Para pasar a los valores absolutos de las probabilidades de transición contábamos con las vidas medias de estos niveles obtenidas con anterioridad, pero esto no era suficiente debido a que estos niveles se desexcitan también a niveles $3d$ y $5s$. La contribución de las transiciones, $5p \rightarrow 3d$ y $5p \rightarrow 5s$, es grande, según nuestros cálculos puede ser hasta de un factor 5 mayor que la contribución de las transiciones $5p \rightarrow 4s$ a la

Tabla 13 .- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 5p+4s

TRANSICION	Línea λ (Å)	V. EXPERIMENTALES							V. TEORICOS		
		Nuest.	R.20	R.49	R.50	R.51	R.52	A_m (jk)	R.16	R.30	
$1s_5 - 3p_{10}$	4251.18	77	100	92	100	83	93	91	100	100	100
$1s_4$	4363.80	13	13	14	10	11	14	13	8.5	19	19
$1s_3$	4522.32	75.5	84	66	73.5	81.5	96	79		1.2	1.1
$1s_2$	4702.32	100	100	100	83	100	100	97		0.1	0.1
$1s_5 - 3p_8$	4190.71	55.5	64.5		65			62	16	54	44
$1s_4$	4300.71	100	100		100	100		100	100	100	1
$1s_2$	4628.45	8.5	11		10	10		10		16	16
$1s_5 - 3p_7$	4164.18	40	35	32	37	35	31	35	26	23	23
$1s_4$	4272.17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1
$1s_3$	4424.00	1.6	1.0	1.2	1.0	0.9	1.1	1.1		0.6	0.6
$1s_2$	4596.10	19	11	13	11	12	12	13		16	17
$1s_5 - 3p_6$	4158.59	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1
$1s_4$	4266.29	33	23	27	25	21	24	25	9	27	22
$1s_2$	4589.29	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3		0.		9	8
$1s_4 - 3p_5$	4198.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1
$1s_2$	4510.73	40	45	36	45	45	45	43		5	6
$1s_5 - 3p_4$	3957.50										
$1s_4$	4054.53	5.7	5		5.2			5.		11	11
$1s_3$	4191.03	100	100		100			100	100	100	1
$1s_2$	4345.17	61	56		58			58	30	59	60
$1s_5 - 3p_3$	3947.50	11	16		12	16	12	13		1	1
$1s_4$	4044.42	58	89		56	58	66	60		34	32
$1s_2$	4333.56	100	100		100	100	100	100		100	1
$1s_5 - 3p_2$	3948.98	75	80		86	63	97	80		10	9
$1s_4$	4045.96	11	8		9	7	11	9		24	21
$1s_3$	4181.88	100	100	100	100	100	100	100	80	100	99
$1s_2$	4335.34	73	67	76	71	76	73	73	100	100	100

probabilidad de transición total. Sin embargo, hemos considerado interesante pasar a valores absolutos, para lo cual, tomamos de cada nivel la transición más intensa y le hemos dado el valor absoluto asignado por W.L.Wiese et al. [20] por ser los valores de estos investigadores una especie de media ponderada en el sentido de dar a los resultados de cada autor un peso estadístico relacionado con la fiabilidad del método utilizado, para aquellos casos en que las probabilidades de transición relativas son muy próximas a las obtenidas por uno de los otros autores, hemos tomado el valor del trabajo correspondiente.

En las tablas 14 y 15 se presentan los resultados obtenidos para las probabilidades de transición absolutas $5p \rightarrow 4s$. Estos resultados se comparan con los obtenidos por los autores ya mencionados (refs. [20], [49-51]) y además con los obtenidos por J.F.Bott [53]. Se incluye, además, como referencia para la comparación la media de los resultados experimentales obtenida en la literatura en esta media se han excluido los resultados que nos han parecido menos fiables, como la de la referencia [47] cuyas probabilidades de transición exceden a las nuestras hasta en un factor 1000.

Probabilidades de transición para líneas con origen en el nivel $5p|1/2|_1$ ($3P_{10}$)

Se han medido las intensidades de las cuatro transiciones que partiendo de este nivel van a niveles $3p^5 4s$. Los valores obtenidos de las probabilidades de transición absolutas y relativas aparecen en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$\bar{A}_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 1/2 _1$	4251.18	77	91	0.87	0.93
$4s 3/2 _1$	4363.80	13	12.5	0.15	0.13
$4s' 1/2 _0$	4522.32	75.5	79	0.85	0.84
$4s 1/2 _1$	4702.37	100	97	1.13	0.99

Tabla 14.- PROBABILIDADES DE TRANSICION ABSOLUTAS ($\times 10^5 \text{ s}^{-1}$) $5p+4s(J_c=3/2)$.

TRANSICION	Línea	V. EXPERIMENTALES					V. TEORICOS			
		Nuest.	R.20	R.49/R.53	R.50	R.51	R.52	A _m	(jK)	R.16 R.30 R.48
$1s-3p_4$	3957									
$1s_4$	4054.53	0.25	0.27±0.07		0.23±0.06	0.19±0.05	0.25±0.02	0.24		1.5 1.4 1.3
$1s_3$	4191.03	4.44	5.6±1.4		4.4±0.9			4.3	15	14.0 13.2 14
$1s_2$	4345.17	2.7	3.1±0.8	4.1	2.6±0.3	2.2±0.4	2.8±0.08	2.7	4.5	8.3 7.9 7.6
$1s-3p_3$	3947.50	0.53	0.63±0.16		0.54±0.11	0.44±0.12	0.59±0.04	0.55		0.2 0.2 0.2
$1s_4$	4044.42	2.7	3.5±0.9		2.6±0.4	2.8±0.6	3.25±0.20	3.0		5.8 5.3 5.2
$1s_2$	4333.56	4.6	3.9±1.0	7.4	4.6±0.7	4.9±1.1	4.9±0.05	4.6	17.1	17 15.6 17
$1s-3p_2$	3948.98	3.3	4.7±1.2		3.7±0.6	3.5±0.8	4.4±0.3	3.9		1.0 0.9 0.9
$1s_4$	4045.96	0.49	0.44±0.11		0.37±0.07	0.31±0.12	0.5±0.03	0.4		2.4 2.1 2.2
$1s_3$	4181.88	4.4	5.8±1.4	5.8	4.4±0.4	4.6±1.3	4.6±0.1	4.9	8.8	10 9.8 9.3
$1s_2$	4335.34	3.2	3.9±1.0	4.4	3.1±0.6	2.9±0.8	3.3±0.1	3.3	11.0	10 9.9 10
$1s-3p_1$	3979.71									2.2 2.0 2.1
$1s_2$	4259.36		41±10	45 / 34	33±3.3	32±6	36±1.1	40.0	48.5	22 20.6 21

Tabla 15.-PROBABILIDADES DE TRANSICION ABSOLUTAS ($\times 10^5 \text{ s}^{-1}$) $5p^4s(J_c=1/2)$.

TRANSICION	Línea $\lambda(\text{\AA})$	V. EXPERIMENTALES					V. TEORICOS					
		Nuest.	R.20	R.4./R.53	R.50	R.51	R.52	A_m	(JK)	R.16	R.30	R.48
$1s_5^- - 3p_{10}$	4251.18	0.87	1.13 ± 0.10	1.32	1.02 ± 0.10	0.76 ± 0.17	0.85 ± 0.02	0.93	4.7 21	18.3	18	
$1s_4$	4363.80	0.15	0.15 ± 0.07	0.20	0.10 ± 0.03	0.10 ± 0.04	0.13 ± 0.01	0.13	0.4 3.9	3.5	3.5	
$1s_3$	4522.32	0.85	0.95 ± 0.24	0.95	0.75 ± 0.11	0.75 ± 0.17	0.88 ± 0.04	0.84		0.2	0.2	0.2
$1s_2$	4702.37	1.13	1.13 ± 0.28	1.43	0.85 ± 0.08	0.92 ± 0.21	0.91 ± 0.05	0.99		0.0	0.0	0.0
$1s_5^- - 3p_8$	4190.71	2.2	2.5 ± 0.6		2.0 ± 0.4			2.2	2.4 7.6	5.9	6.6	
$1s_4$	4300.10	3.9	3.9 ± 1.0	4.2/ 3.3	3.1 ± 0.3	3.1 ± 0.6	3.4 ± 0.04	4.1	15.4 14	13.3	13	
$1s_2$	4628.45	0.33	0.42 ± 0.11		0.31 ± 0.05	0.32 ± 0.07	0.35 ± 0.02	0.35		2.2	2.2	2.0
$1s_5^- - 3p_7$	4164.18	2.8	2.9 ± 0.7	2.9	2.6 ± 0.3	2.2 ± 0.6	2.2 ± 0.07	2.6	6.0 4.0	3.6	3.6	
$1s_4$	4272.17	7.0	8.4 ± 2.1	9.0/ 6.9	7.0 ± 0.7	6.3 ± 1.1	7.1 ± 0.13	7.4	22.8 17	15.4	15	
$1s_3$	4424.00	0.11	0.08 ± 0.04	0.11	0.07 ± 0.02	0.05 ± 0.03	0.08 ± 0.00	0.08		0.1	0.1	0.1
$1s_2$	4596.10	1.3	1.02 ± 0.2	1.2	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.84 ± 0.04	0.98		2.7	2.6	2.6
$1s_5^- - 3p_6$	4158.59	11.6	14.5 ± 3.6	13.6/11.9	11.6 ± 1.2	11±2	11.0 ± 0.2	12.1	34.7 19	17.7	17	
$1s_4$	4266.29	3.8	3.3 ± 0.8	3.6	2.9 ± 0.3	2.3 ± 0.4	2.8 ± 0.05	3.1	3.0 5.2	3.9	4.6	
$1s_2$	4599.29	0.06	0.05 ± 0.03	0.05	0.06 ± 0.02	0.03 ± 0.02		0.05		1.7	1.5	1.6
$1s_4^- - 3p_5$	4198.32	27.6	27.6 ± 6.9	25.9	20.8 ± 3.1	22.0 ± 6.2	26.0 ± 0.7	25.0	61.6 26	21.5	22	
$1s_2$	4510.73	11.1	12.3 ± 3.0	9.4	9.4 ± 0.9	10.0 ± 1.8	10.2 ± 0.1	10.4		1.4	1.4	1.4

En esta tabla se han incluido también los valores medios de promediar los resultados existentes en la literatura y que hemos considerado válidos; así para este nivel hemos excluido los resultados obtenidos en la ref. [49] por considerar demasiado altos sus valores absolutos, sin embargo, sus valores relativos si se han incluido en esta media.

Una vez determinadas las probabilidades de transición relativa con un error de un 10% y conocida la vida media del nivel $5p|1/2|_0$ de 170 ± 14 ns se consideraron las transiciones $5p \rightarrow 3d$ y $5p \rightarrow 5s$ cuyas longitudes de onda en el infrarrojo medio están fuera de nuestro rango espectral de trabajo (en esta zona la detección de luz no se puede hacer con fotomultiplicadores).

Los cálculos realizados en este trabajo daban para las transiciones $5p \rightarrow 5s$ y $5p \rightarrow 3d$ un valor de $5.5 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ frente a un $0.52 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ para las transiciones $5p \rightarrow 4s$. Esto indica que las probabilidades de transición de las líneas $5p \rightarrow 5s$ y $5p \rightarrow 3d$ han de ser consideradas. Sin embargo, los cálculos realizados para las líneas que parten de este nivel no parecen dar cuenta de los resultados experimentales (consultar tabla 14) sobretudo para las transiciones de longitudes de onda 4251.18 y 4702.32 Å para las que aparecen discrepancias en factores 21 y 37 respectivamente.

Por ello, no se han considerado fiables los cálculos realizados para evaluar las transiciones $5p \rightarrow 5s$ y $5p \rightarrow 3d$. En vista de lo cual, se ha tomado para la transición más intensa, $4s'|1/2|_1 - 5p|1/2|_1$, el valor dado por la ref. [20] de $1.13 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ que tiene un error estimado de un 20%. A partir de ella se han obtenido las restantes probabilidades de transición absoluta.

Comparando las probabilidades de transición relativas con la media obtenida se observa que las discrepancias son inferiores a un 17% para las cuatro transiciones. Diferencias menores de

un 15% se obtienen al comparar nuestros valores de las probabilidades de transición absolutas con la media experimental calculada.

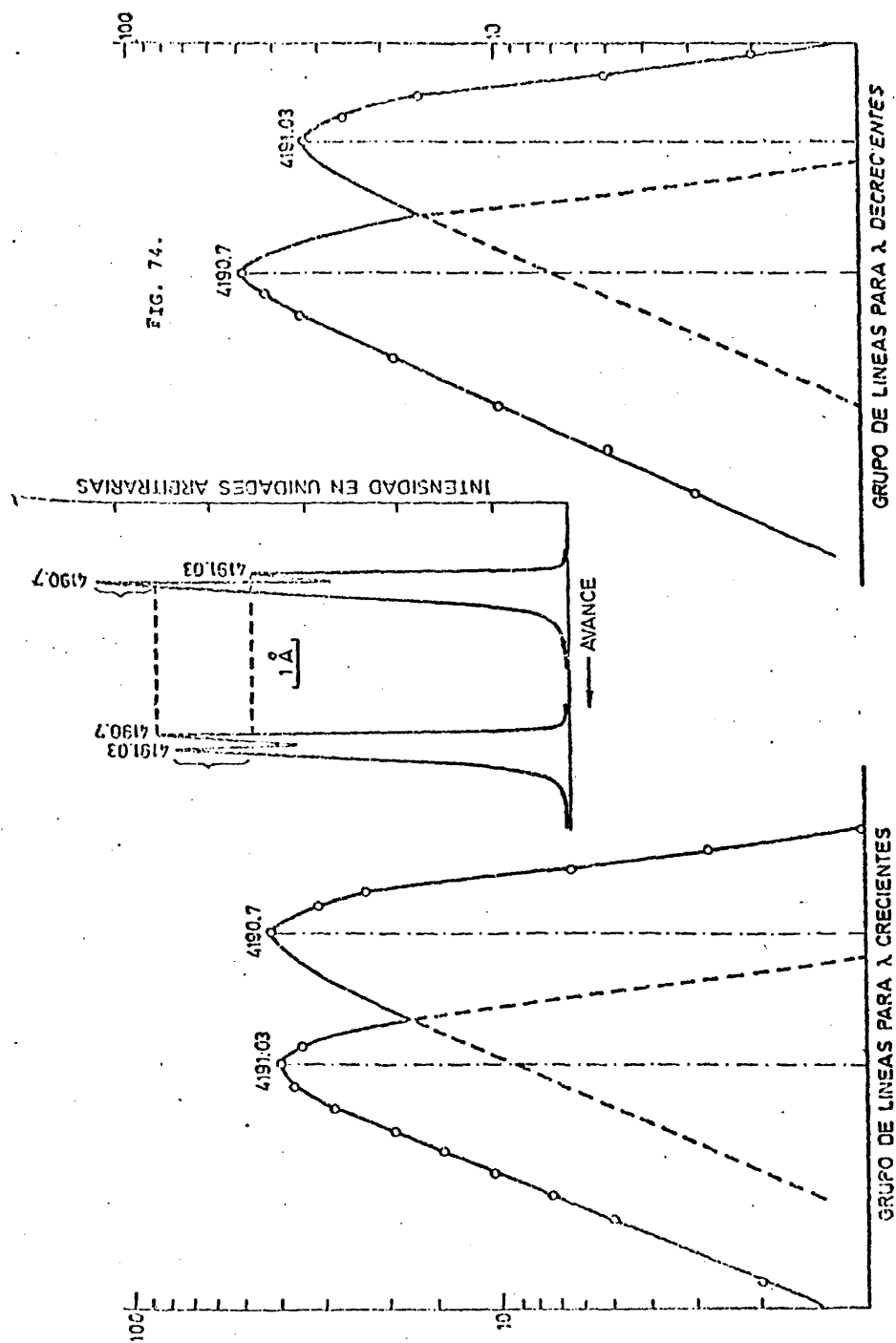
Probabilidades de transición para líneas con origen en el nivel $5p|5/2|_2$ ($3p_8$)

Se han medido las intensidades de las tres líneas que parten de nivel $5p|5/2|_2$ y van a niveles $4s$. Así se han podido determinar las probabilidades de transición relativas. Por causas análogas a las explicadas al describir el nivel precedente, hemos tenido que considerar el valor dado por la ref. [20] para la transición de 4300.10\AA como referencia para pasar a las probabilidades de transición absolutas. El valor dado por W.L.Wiese et al. [20] para la probabilidad de transición de la línea de 4300.10\AA presenta un error de un 25%. En las medidas de las intensidades de las líneas los errores han sido estimados en un 10% para la línea de 4300.10\AA , de un 15% para la línea de 4628.45\AA y de un 18% para la línea de 4190.71\AA separado en segundo orden de la línea de 4191.03\AA después de hacer un análisis de las líneas para separar el efecto de las colas, de unas sobre otras. Ver figura 74.

Los resultados obtenidos para las probabilidades de transición relativas y absolutas se presentan en la siguiente tabla en la que se comparan con las medias obtenidas a partir de los resultados experimentales existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A_{\text{rel.}}$	$\bar{A}_{\text{rel.}}$	$A_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 5/2 _2$	4190.71	55.5	62	2.2	2.2
$4s 3/2 _1$	4300.10	100	100	3.9	4.1
$4s' 1/2 _1$	4628.45	8.5	20	0.33	0.35

Los valores relativos de las probabilidades de transición presentan discrepancias frente a los valores medios inferiores



a un 16% . Para los valores absolutos las discrepancias son inferiores a un 5%. Con respecto a los cálculos realizados en acoplamiento intermedio las discrepancias en valores relativos son inferiores a un 50% ; pero, comparando los valores absolutos, las discrepancias son mayores a un factor 3 para todas las transiciones, solamente los cálculos realizados en acoplamiento jk dan un valor aproximado ($2.4 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) para la probabilidad de transición de la línea de 4190.71 Å .

Probabilidades de transición para líneas con origen en el nivel $5p|3/2|_1$ ($3p_7$) .

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de las líneas $3p_7 \rightarrow 1s$ mediante la medida de sus intensidades. Para obtener los valores absolutos, debido a que los cálculos no parecen ser de gran ayuda, se ha considerado para la transición más intensa 4272.17 Å el valor asignado por I.Bues et al [50] de $1.0 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, valor al que los autores asignan un error de un 10% . El error, estimado en nuestras medidas de las intensidades de las líneas de emisión es de un 10% para las probabilidades de transición relativas de las líneas de 4164.18 , 4272.17 y 4596.10 Å y de un 15% para la de la línea más débil de 4424.00 Å .

Los valores de las probabilidades de transición absolutas y relativas se comparan en la siguiente tabla con la media de los valores existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 3/2 _1$	4164.18	40	35	2.8	2.6
$4s 3/2 _1$	4272.17	100	100	7.0	7.4
$4s' 1/2 _0$	4424.00	1.6	1.1	0.11	0.08
$4s 1/2 _1$	4596.10	19	13	1.3	0.98

Comparando con los valores medios relativos observamos que la mayor discrepancia, de un 40% , aparece para la línea más débil. En la comparación de valores absolutos con la media, observamos que la mayor discrepancia (32%) se presenta para la línea más débil de 4424.00 \AA . Sin embargo los cálculos teóricos comparados con esta media dan valores muy altos. Los valores más próximos se presentan para la transición más débil de 4424.0 \AA .

Probabilidades de transición de líneas con origen en el nivel $5p|3/2|_2$ ($3p_6$)

La medida de las intensidades de las líneas $3p_6 + 1s$ nos han permitido determinar las probabilidades de transición relativas de estas tres líneas. La comparación de estas probabilidades de transición relativas con las obtenidas por otros autores nos ha llevado a tomar como referencia para pasar a valores absolutos el valor dado por I. Bues et al. [50] para la línea más intensa. El valor encontrado por estos autores es $11.6 \times 10^5 s^{-1}$ y presenta un error de un 10% .

El error estimado en la medida de las intensidades da un error en la determinación de las probabilidades de transición relativas de un 10% para las líneas de 4158.59 y 4266.29 \AA y de un 25% para la línea de 4589.29 \AA .

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para las probabilidades de transición relativas y absolutas así como, los valores medios de los resultados experimentales existentes en la literatura y que cumplen unas condiciones mínimas de fiabilidad.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 3/2 _2$	4158.59	100	100	11.6	12.1
$4s 3/2 _1$	4266.29	33	25	3.8	3.1
$4s 1/2 _1$	4589.29	0.5	0.4	0.058	0.05

Comparando las probabilidades de transición experimentales con el valor medio (que consideramos representativo por ser más libre de los errores sistemáticos de cada método en particular) observamos que las discrepancias son inferiores a un 25%. En cuanto a los valores absolutos diremos que las diferencias son inferiores a un 18%. Los cálculos teóricos tanto en acoplamiento jk como intermedio sobre valoran las probabilidades de transición absolutas. En cuanto a los valores relativos, los cálculos realizados en acoplamiento intermedio por las refs. [16], [30] y [48] dan valores acordes con los experimentales excepto para la línea de 4589.29 \AA cuyos valores son un factor 18 superiores a los experimentales.

Probabilidades de transición de líneas con origen en el nivel $5p|1/2|_0$ ($3p_5$)

Se han medido las intensidades de las dos líneas que partiendo de este nivel van a niveles $4s$. A partir de estas intensidades se han obtenido las probabilidades de transición relativas que se presentan en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 1/2 _0$	4198.32	100	100	27.6	25.0
$4s' 1/2 _1$	4510.73	40	43	11.1	10.4

Estas probabilidades de transición relativas que presentan errores de un 10% se comparan con la media de los valores experimentales de los diferentes autores, siendo las diferencias inferiores al error experimental. Para pasar a valores absolutos de las probabilidades de transición se ha considerado el valor asignado por W.L.Wiese [20] para la línea más intensa, este valor de $27.6 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ tiene un error estimado en un 25%. La comparación de los valores absolutos de las probabilidades de transición con su media correspondiente presenta discrepancias inferiores a un 10% para ambas líneas. Los cálculos realizados en

acoplamiento intermedio si bien dan valores que difieren de la media experimental en menos de un 15% para la línea más intensa, dan un valor para la probabilidad de transición de la línea de 4510.73 \AA que es un factor 7.5 inferior a dicha media.

Probabilidad de transición de las líneas con origen en el nivel $5p' | 3/2 |_2$ ($3p_3$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de las líneas $3p_3 \rightarrow 1s$ con un error de un 10%. Estos valores se comparan con la media de los resultados experimentales obtenidos por los demás autores (refs. [20, 50, 51 y 52]), tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5$
$4s 1/2 _2 - 5p' 3/2 _2$	3947.50	11.5	13.5	0.53	0.55
$4s 3/2 _1$	4044.42	58.5	60	2.7	3.0
$4s' 1/2 _1$	4333.56	100	100	4.6	4.6

Las discrepancias de nuestros resultados con la media experimental de las probabilidades de transición relativas son inferiores a un 17% para las tres líneas. Los valores relativos de la bibliografía que más se parecen a los nuestros son las obtenidas por I. Bues et al. [50] por tanto hemos tomado como referencia para obtener las propiedades de transición absolutas el dato en la ref. [50] para la transición $4s' | 1/2 |_1 - 5p' | 3/2 |_2$ de $4.6 \times 10^5 \text{s}^{-1}$ que presenta un error de un 15%. Los valores de las probabilidades de transición absolutas así obtenidas se comparan en la tabla anterior con la media de valores experimentales. De esta comparación se deduce que las discrepancias son inferiores a un 11%. Los cálculos teóricos realizados tanto en acoplamiento jk como intermedio sobreestiman en un factor 3.5 el valor de la transición más intensa, sin embargo subestiman el valor de la probabilidad de transición de la línea de 3947.5 \AA en una cantidad semejante (factor 3.1). Hemos de señalar que el calcular

la media de valores experimentales de las probabilidades de transición hemos deshechado el valor dado por la ref. [49] por su excesivamente grande y por considerar no muy fiables los resultados de unos autores que se limitan al tratamiento de un espectro de emisión obtenido con anterioridad (1954) por otros autores [54].

Probabilidades de transición de líneas con origen en el nivel $5p' | 3/2 |_1$ ($3p_4$).

Se han medido las intensidades de tres líneas que partiendo del nivel $5p' | 3/2 |_1$ van a niveles $4s$. La cuarta transición posible $4s | 3/2 |_2 - 5p' | 3/2 |_1$ de 3957 \AA de longitud de onda no aparece en ninguna de las dos clasificaciones de líneas espectrales existentes en la literatura (Ref. [17] y [18]) y por supuesto no existe ninguna medida de su intensidad. Las probabilidades de transición relativas presentan errores de un 10% para la línea de 4345.17 \AA , de un 15% para la línea de 4054.53 \AA y de un 18% para la línea de 4191.03 \AA . Para poder separar esta línea de su más próxima, la línea de 4190.71 \AA acudimos a medidas en segundo orden ya que la intensidad del conjunto de líneas lo permitía. Así pudimos separar ampliamente los máximos de las líneas y para conocer la influencia del ala de una línea en la otra tuvimos que proceder a realizar la convolución partiendo de un perfil de línea aislada. Se eligió como línea aislada la de 4198.32 \AA también obtenida en segundo orden.

En la Fig. 74 se muestra como debido a la forma del perfil de línea, solamente el ala de la primera línea afecta a la segunda en su máxima altura; de aquí la diferencia de alturas, para barridos del monocromador hacia longitudes de onda crecientes y de crecientes, más notoria que en la Fig. 73.

La mayor proximidad de las probabilidades de transición relativas de este trabajo a las de I. Bues et al. [50], nos ha llevado a considerar el valor dado por este autor para la transición

más probable, $4s'1/2|_0 - 5p|3/2|_1$, como referencia para pasar a las probabilidades de transición absolutas. El valor dado en la ref. [50] es de $4.4 \times 10^5 s^{-1}$ y tiene un error estimado en un 20%, tanto las probabilidades de transición absolutas como relativas se presentan en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p 3/2 _1$	3957	-	-	-	-
$4s 3/2 _1$	4054.53	5.7	5.3	0.25	0.24
$4s'1/2 _0$	4191.03	100	100	4.4	4.8
$4s'1/2 _1$	4345.17	61	58	2.7	2.7

Podemos observar que las discrepancias de los valores absolutos y relativos con la media de resultados experimentales (de la que se ha excluido el resultado de la ref. [49] por las causas ya mencionadas) es inferior a un 10% y por tanto menor que el error experimental para las tres transiciones.

Los cálculos teóricos siguen dando valores que superan en conjunto en un factor 3 a los resultados experimentales. Cosa que no es de extrañar; pues, en general, dan valores de la vida media del nivel inferior al valor experimental.

Probabilidades de transición de líneas con origen en el nivel $5p|1/2|_1$ ($3p_2$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de las cuatro líneas $3p_2 + 1s$ a partir de la comparación y medida de sus intensidades. Los valores de dichas probabilidades de transición aparecen en la siguiente tabla.

El error estimado de las probabilidades de transición relativas es de 10% excepto para la línea de 4045.96 Å que se ha estimado en un 15%.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4s 3/2 _2 - 5p^1 1/2 _1$	3948.98	75	80	3.3	3.9
$4s 3/2 _1$	4045.96	11	9	0.49	0.4
$4s^1 1/2 _0$	4181.83	100	100	4.4	4.9
$4s^1 1/2 _1$	4335.34	73	73	3.2	3.3

Las discrepancias de las probabilidades de transición relativas con la media experimental (referencias [20, 49-52]) es inferior a un 7% para las líneas más intensas y de un 12% para la línea de 4045.96 Å. Comparando las probabilidades de transición absolutas obtenidas por los diferentes autores para la línea más intensa de 4181.83 Å se observan dos grupos de valores unos en torno a $4.5 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ (refs. [50, 51 y 52]) y otros de valor $5.8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ (refs. [20] y [49]). Sin embargo, los valores relativos más próximos a los nuestros eran los del primer grupo, por tanto se eligió para esta línea el valor dado por I. Bues et al. [50] de $4.4 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ que presenta un error de un 10%. A partir de este valor se han obtenido las restantes probabilidades de transición absolutas que comparadas con los valores experimentales medios presentan discrepancias inferiores a un 18%. Los cálculos realizados en acoplamientos intermedios (Refs. [16], [30] y [48]) dan valores que difieren en un factor dos de la suma de nuestros resultados experimentales.

II.2.3.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas $6p \rightarrow 4s$.

Se han medido las intensidades de dieciocho líneas correspondientes a transiciones $6p \rightarrow 4s$ y cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 3390 y 3900 Å, seis de estas líneas han sido medidas por primera vez en este trabajo según la bibliografía llegada hasta nosotros. Existen resultados anteriores dados por B.S. Malone [52] que sirvieron de punto de referencia para los valores dados por W.L. Wiese et al. [20], como

se puede ver en la tabla 16. Se presentan también en esta tabla los cálculos realizados por P.D. Johnston [16] en acoplamiento intermedio para las probabilidades de transición de las líneas $4p_6 \rightarrow 1s$ y $4p_7 \rightarrow 1s$ y los realizados en este trabajo en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro.

Las probabilidades de transición relativas presentadas en este trabajo tienen un error estimado de un 10% si su valor es superior a 15, de un 15% para las de valor superior a 2 y de un 20% para la línea de 3864.27 \AA de probabilidad de transición relativa 1,3.

Comparando nuestros resultados con la de las referencias [20] y [52] se puede observar que los valores de las probabilidades de transición relativas están en buen acuerdo para las líneas con origen en el nivel $6p|1/2|_0$, $6p|1/2|_1$ y $6p|3/2|_2$ dentro de los márgenes de error experimental.

Los resultados obtenidos para las líneas $6p|3/2|_1 \rightarrow 4s$ no se pueden comparar con otros datos experimentales. Comparados con los cálculos realizados en acoplamiento jk las diferencias son inferiores a un 39% con los cálculos realizados en acoplamiento intermedio las diferencias son inferiores a un 53%. Para las líneas que parten del nivel $6p'|3/2|_1$, los únicos resultados comparativos son los experimentales de las referencias [20] y [52] que difieren de los nuestros en un 32%.

Por último, se han medido las cuatro transiciones $6p'|3/2|_1 \rightarrow 4s$, para dos de ellas los resultados son los primeros existentes en la literatura tanto experimentales como teóricos (en acoplamiento jk son transiciones prohibidas). Las otras dos se pueden comparar con los resultados de B.S. Malone [52] que presentan con respecto a los nuestros una diferencia de un 40% para la línea de 3675.24 \AA ; sin embargo, en este caso, los cálculos realizados en acoplamiento jk dan valores relativos acordes a los obtenidos experimentalmente para las líneas de 3675.24 y 3563.25 \AA .

Tabla 16.- PROBABILIDADES RELATIVAS 6p→4s

TRANSICION	Línea λ (Å)	V. EXPERIMENTALES			V. TEORICOS	
		Nuest.	R.20	R.52	(jK)	R.16
4s $ 3/2 _1$ — 6p $ 1/2 _0$	3606.52	90	100	100		
4s $ 1/2 _1$	3834.68	100	99	99		
4s $ 3/2 _2$ — 6p $ 1/2 _1$	3581.02				100	
4s $ 3/2 _1$	3659.53	59	63	63.5	7	
4s $ 1/2 _0$	3770.53	100	100	100		
4s $ 1/2 _1$	3894.66	88.5	82	82		
4s $ 3/2 _2$ — 6p $ 3/2 _2$	3554.30	100	100	100	100	100
4s $ 3/2 _1$	3632.68	25.5	24	25	8	37
4s $ 1/2 _1$	3864.27	1.3				8
4s $ 3/2 _2$ — 6p $ 3/2 _1$	3556.01	44			27	21
4s $ 3/2 _1$	3634.46	100			100	100
4s $ 1/2 _0$	3743.76	10				
4s $ 1/2 _1$	3844.27	13				10
4s $ 3/2 _2$ — 6p $ 3/2 _2$	3389.85					
4s $ 3/2 _1$	3461.08	100	100	100		
4s $ 1/2 _1$	3670.67	68.5	46.5	46		
4s $ 3/2 _2$ — 6p $ 3/2 _1$	3392.78	50				
4s $ 3/2 _1$	3464.08	16				
4s $ 1/2 _0$	3563.29	100		100	100	
4s $ 1/2 _1$	3675.24	25		15	26	

Se han obtenido experimentalmente las vidas medias de los niveles $6p|1/2|_1$ y $6p|1/2|_0$ (ver I.2.3), la comparación con los valores calculados en acoplamiento jk nos muestra que están en buen acuerdo. Por ello, hemos considerado adecuado utilizar las probabilidades de transición calculadas para evaluar las transiciones no medidas ya que su contribución al valor de la vida media no es despreciable (94% y 90% respectivamente).

Por otra parte, es bien sabido que los valores dados por cálculos en este acoplamiento jk puro no dan valores buenos para cada transición en particular pues en las transiciones permitidas incluyen la contribución de las prohibidas. Sin embargo, se puede esperar que la suma de las probabilidades de transición entre un nivel y una configuración sea válido. Por ello, hemos tomado el valor experimental de la vida media y la contribución a la probabilidad de transición total de las probabilidades de transición suma correspondientes a conjuntos de transiciones $6p \rightarrow 6s$, $6p \rightarrow 4d$, $6p \rightarrow 5s$ y $6p \rightarrow 3d$. Así hemos pasado los valores relativos de las probabilidades de transición $6p \rightarrow 4s$ a valores absolutos. Estos valores se presentan en la siguiente tabla en la que se comparan con los obtenidos por B.S.Malone [52] y W.L.Wiese et al. [20]:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	PROBABILIDADES ABSOLUTAS ($\times 10^5 \text{ s}^{-1}$)		
		Este trabajo	Ref. [52]	Ref. [20]
$4s 3/2 _1 - 6p 1/2 _0$	3606.52	6.3	7.0 ± 0.7	8.1 ± 4.0
$4s' 1/2 _1$	3834.68	7.0	6.9 ± 0.7	8.0 ± 4.0
$4s 3/2 _1 - 6p 1/2 _1$	3659.52	0.40	0.40 ± 0.04	0.47 ± 0.23
$4s' 1/2 _1$	3894.66	0.60	0.53 ± 0.05	0.61 ± 0.30
$4s' 1/2 _0$	3770.37	0.68	0.64 ± 0.06	0.74 ± 0.37

De la tabla anterior se sigue que los valores obtenidos con este criterio están en buen acuerdo con los obtenidos en las refs. [20] y [52] dentro de los márgenes de error dados por estos autores

(50% y 10% respectivamente). En conjunto nuestros resultados y los de la ref. [52] difieren en menos de un 10% excepto para la transición $4s' |1/2|_1 - 6p |1/2|_1$ que las discrepancias son de un 13% .

II.2.4.- Probabilidades de transición absolutas y relativas de transiciones $6s \rightarrow 4p$.

Se han medido las intensidades de veinticuatro líneas con origen en los niveles $3p^5 6s$. Las líneas estudiadas tienen sus longitudes de onda entre 5860 y 8203 Å por ello se ha utilizado para su detección el fotomultiplicador XP 1005 enfriado con nieve carbónica.

A partir de las intensidades absolutas de las líneas que parten de un mismo nivel se han determinado las probabilidades de transición relativas con errores de un 12% para las líneas de probabilidades de transición relativa superior a 20 , de un 15% para las de valor relativo superior a 10 y de un 20% para las líneas cuya probabilidad de transición relativa es inferior a 1 .

Los resultados obtenidos para dichas probabilidades de transición se presentan en la tabla 17, en ella, se comparan con los valores relativos de las probabilidades de transición obtenidas en medidas de emisión (medida de la intensidad de la línea y determinación de la temperatura del plasma de Argón) por C.H. Colliss y J.B. Shumaker Jr [49] y I. Bues et al. [50] y los valores recopilados por W.L. Wiese et al. [20], se comparan también con los cálculos realizados, en este trabajo, en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro y los realizados por P.D. Johnston [16] en acoplamiento intermedio.

Las longitudes de onda de las líneas que aparecen en la tabla 17 se han obtenido de las Tablas de Líneas Espectrales de

244

Tabla 17.- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 6s→4p

TRANSICION	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES				V. TEORICOS	
		Nos.	R.20	R.49	R.50	(jK)	R.16
4p(1/2) ₁ --- 6s(3/2) ₂	6416.31	42	43.5	34	43.5	41	39.5
4p(5/2) ₃	7030.25	100	100	100	100	100	100
4p(5/2) ₂	7107.48	17	17	13	17	7	19
4p(3/2) ₂	7435.33	36	34	34	34	56	37
4p'(3/2) ₁	7965.08		1.2		<0.9		0.8
4p'(3/2) ₂	8066.60	4	5		5.5		5
4p'(1/2) ₁	8203.42	3	6		<0.1		4
4p(1/2) ₁ --- 6s(3/1) ₁	6384.72	14	21		21	100	17
4p(5/2) ₂	7068.73	100	100		100	7	100
4p(3/2) ₁	7311.72	48	86		56	23	54
4p(3/2) ₂	7392.97	32	36		36	3	37
4p(1/2) ₀	7868.20	14	17		17	2	16
4p'(3/2) ₁	7916.45	8			6		8
4p'(3/2) ₂	8016.74*		0.2		<0.3		0.1
4p'(1/2) ₁	8151.86		1.6		<0.3		0.9
4p'(1/2) ₀	9057.50				<4.9		2.8
4p(1/2) ₁ --- 6s'(1/2) ₀	5882.62	40	58	61	59		13
4p(3/2) ₁	6660.68	33	37	29	37		28
4p'(3/2) ₁	7158.83	100	100	100	100	100	100
4p'(1/2) ₁	7350.78	48	54	48	54	47	50
4p(1/2) ₁ --- 6s'(1/2) ₁	5860.31	9	11	12	9.5		12
4p(5/2) ₂	6431.56	2.6	2.0	2.5	2.0		3.6
4p(3/2) ₁	6632.09				2.1		3.9
4p(3/2) ₂	6698.47	7	7	6	6.5		12
4p(1/2) ₀	7086.70	7	6	6	6		5
4p'(3/2) ₁	7125.82	32	24	27	24	20	21
4p'(3/2) ₂	7206.98	100	100	100	100	100	100
4p'(1/2) ₁	7316.01	41	39	31	39	39	36
4p'(1/2) ₀	8037.23	17	14		14	14	13

(*)El valor de la longitud de onda en el aire no aparece en la Ref 17.

la ref. [17] excepto la que aparece entre paréntesis de 8016.74 Å que no aparece, ni en estas tablas, ni en la de la ref. [18] y que se ha tomado de los resultados de la ref. [50].

El paso a valores absolutos de las probabilidades de transición se discutirá al estudiar en detalle cada nivel en particular.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $6s|3/2|_2$ ($3s_5$)

Se ha medido las intensidades de seis de los ocho posibles transiciones $3s_5 \rightarrow 2p$; las otras dos nos han sido inaccesibles, ya que la de 7965.08 Å tiene una intensidad muy baja, según la ref. [17], y la de 7353.32 Å por no estar separada de la línea correspondiente a la transición $4p|5/2|_2 - 4d|7/2|_3$.

A partir de dichas intensidades se han obtenido las probabilidades de transición relativas que aparecen en la tabla 17, con errores de un 12% para las líneas de 7435.33, 7030.25 y 6416.31 Å; para la línea de 7107.48 Å el error estimado es de un 15% y para las líneas más débiles de 8066.60 y 8203.4 Å es de un 20%.

La vida media de este nivel tiene un valor experimental de 75 ± 8 ns. Hemos tomado los valores calculados en acoplamiento jk para evaluar la contribución de las transiciones $3s_5 \rightarrow 3p$ a la probabilidad de transición total. Con todo esto hemos obtenido las probabilidades de transición absolutas que se muestran en la tabla de la hoja siguiente.

En esta tabla se muestran también los resultados obtenidos por los autores de las refs. [20], [49] y [50] con sus correspondientes errores expresados en tantos por ciento y los cálculos realizados en IC por la ref. [16]. Los errores de la ref. [20] representan no ya un error experimental sino el margen dentro del

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	$A \times 10^5 s^{-1}$ (EXPERIMENTALES)				(TEORICAS)	
		Este trabajo	20 Wiese	49 Corliss	50 Bues	jk	16 Johnston
2p ₁₀ - 3s ₅	6416.31	15	12 ± 25%	13	10 ± 15%	12.	6.6
2p ₉	7030.25	36	28 ± 25%	38	22 ± 15%	30	17
2p ₈	7107.48	6	5 ± 50%	5	4 ± 20%	2.1	3.4
2p ₇	7353.32	-	2 ± 50%	-	<0.01	2.0	0.89
2p ₄	7435.33	13	9 ± 50%	13	8 ± 20%	16.8	6.6
2p ₃	7965.08	-	0.34 ± 50%	-	<0.21	-	0.14
2p ₂	8066.60	1.33	1.5 ± 50%	-	1.22 ± 20%	-	0.96
2p	8203.42	0.97	1.6 ± 50%	-	<0.03	-	0.7

cual se puede encontrar el valor de la probabilidad de transición. Podemos afirmar que las diferencias entre sus resultados y los nuestros están dentro de su margen de error para todas las transiciones. Con respecto a los valores teóricos, se puede afirmar que para este nivel los cálculos realizados en jk se aproximan más a los resultados experimentales que la continuación de funciones de onda LS elegidas en la ref. [16] para realizar cálculos en acoplamiento intermedio (IC).

Probabilidades de transición relativas de las líneas con origen en el nivel $6s|3/2|_1$ ($3s_4$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de seis líneas que parten del nivel $6s|3/2|_1$ a través de la medida de sus intensidades absolutas. Los resultados obtenidos presentan errores de un 12% para las líneas de 7068.73, 7311.72 y 7392.97 Å, de un 15% para las líneas de 6384.72 y 7868.20 Å y de un 20% para la de 7916.45 Å. En la tabla siguiente, se muestran los resultados obtenidos para los diferentes transiciones. Estos resultados se comparan con la media experimental de los resultados existentes en la literatura (referencias [20], [50] y este trabajo).

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}} 16 $
$4p 1/2 _1 - 6s 3/2 _1$	6384.72	14	19	17
$4p 5/2 _2$	7068.73	100	100	100
$4p 3/2 _1$	7311.72	48	63	54
$4p 3/2 _2$	7392.97	32	35	37
$4p 1/2 _0$	7868.20	13.5	16	16
$4p' 3/2 _1$	7916.45	8.	7	8
$4p' 3/2 _2$	8016.74	-	<0.2	0.9
$4p' 1/2 _0$	9057.51	-	<5	2.8

Comparando nuestro resultado experimentales con la media podemos deducir que existen diferencias superiores al margen de error experimental para las líneas de 6384.72 Å (37%) y 7411.72 Å (31%). Con respecto a los cálculos realizados por la referencia [16] las discrepancias son menores no superando al 21%.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $6s'|1/2|_0$ ($3s_3$)

Se han medido las intensidades de las cuatro líneas que partiendo de este nivel van a niveles $4p$. A partir de dichas intensidades se han obtenido las probabilidades de transición relativas con un error de un 12%. A pesar de no haberse obtenido experimentalmente la vida media de este nivel hemos considerado el valor calculado en acoplamiento jk y el dado en los mismos cálculos para las transiciones $6s|1/2|_0 \rightarrow 5p$ con todo ello hemos obtenido las probabilidades de transición absolutas. Hemos de considerar estos valores absolutos como una estimación por no haberse medido la vida media del nivel.

Los valores absolutos y relativos de las probabilidades de transición se presentan en la siguiente tabla en la que se inclu

y en además los resultados experimentales existentes en la literatura para estas transiciones:

Transición	(\AA)	A_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$	A_{ij} ABSOLUTAS $\times 10^5 \text{ s}^{-1}$		
				49	20	50
				Corliss	Wiese	Bues
2p ₁₀ - 3s ₃	5882.62	40	12	16	13 \pm 25%	10 \pm 15%
2p ₇	6660.68	33	10	7.5	8 \pm 50%	6.5 \pm 20%
2p ₄	7158.83	100	30	26	22 \pm 50%	17 \pm 20%
2p ₂	7350.78	48	14	13	12 \pm 50%	9 \pm 20%

Podemos observar que los resultados más próximos a los nuestros son los de W.L.Wiese [20] pues las diferencias son inferiores al margen de error experimental estimado; con respecto a la ref. [49] existen diferencias de un 33% para la línea de 5882.62 Å. Las diferencias son algo superiores con respecto a la ref. 50. Los cálculos de la ref. 16 dan buenos resultados excepto para la línea antes mencionada de 5882.62 Å. Los cálculos realizados en acoplamiento jk presentan la misma relación de probabilidades que nuestros resultados experimentales para las dos líneas permitidas.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel 6s'¹|1/2|₁ (3S₂)

Se han medido las intensidades de ocho líneas con origen en el nivel 6s'¹|1/2|₁. A partir de ellas se han determinado las probabilidades de transición relativas (ver tabla 17) con errores que van de un 12% para las más intensas a un 20%. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla de la hoja siguiente.

De la tabla se deduce que los resultados obtenidos comparados con la media experimental están de acuerdo dentro del margen de error experimental excepto para la línea de 7125.82 Å para la cual las diferencias son de un 17%. Los cálculos realizados en jk van bien excepto para esta transición, para la

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}}(\text{jk})$
$4p 1/2 _1 - 6s' 1/2 _1$	5860.3	9	10	-
$4p 5/2 _2$	6431.56	2.6	2.3	-
$4p 3/2 _1$	6632.09	-	2.1	-
$4p 3/2 _2$	6698.47	6.9	6.6	-
$4p 1/2 _0$	7086.70	7	6.3	-
$4p' 3/2 _1$	7125.82	32.5	27.	20.5
$4p' 3/2 _2$	7206.90	100	100	100
$4p' 1/2 _1$	7316.01	41	38	39
$4p' 1/2 _0$	8037.23	17	16	14

cual la diferencia con respecto a nuestro resultado experimental es de un 31% y para la línea de 8037.23 Å la diferencia es de un 17% .

II.2.5.- Probabilidades de transición absolutas y relativas de líneas $7s \rightarrow 4p$.

Se han medido las intensidades de once líneas que parten de los niveles $7s|3/2|_2$, $7s|3/2|_1$ y $7s'|1/2|_1$ con longitudes de onda comprendidas entre 5000 y 6200 Å . No se han podido medir más líneas pues esta zona, sobretodo a partir de 5500 Å es la de menos eficiencia del sistema para cualquiera de los dos fotomultiplicadores. A partir de las intensidades se han podido determinar las probabilidades de transición relativas de estas líneas con un error estimado de un 12% . Los valores obtenidos se resumen en la tabla 18, en la cual aparecen también los valores relativos de las probabilidades de transición obtenidas por medidas de emisión por W.L.Wiese et al. [20], C.H.Corliss y J.B.Shumaker [49] y I. Bues et al. [50]. Se comparan también con los cálculos realizados en acoplamiento jk para este trabajo y que son los primeros existentes en la literatura. El paso a valores absolutos de las probabilidades de transición se discutirá para cada nivel en particular.

Tabla 18.- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS $7s \rightarrow 4p$

TRANSICION	Línea $\lambda(\text{\AA})$	V. EXPERIMENTALES				V. TEORICOS (jk)
		Nos.	R.20	R.49	R.50	
$4p 1/2 _1 - 7s 3/2 _2$	5451.65	41	36	46	36	41
$4p 5/2 _3$	5888.58	100	100	100	100	100
$4p 5/2 _2$	5942.67	17	7	17	14	7
$4p 3/2 _1$	6113.46		3.6	4.4	3.6	6.4
$4p 3/2 _2$	6170.17	31	56	31	39	
$4p 3/2 _1$	6530.52				<0.2	
$4p 3/2 _2$	6598.68		2.8	3.5	<1.7	
$4p 1/2 _1$	6689.91				<0.9	
$4p 1/2 _1 - 7s 3/2 _1$	5439.99	18	18	16	18	13
$4p 5/2 _2$	5928.81	100	100	100	100	100
$4p 3/2 _1$	6098.80	46	49	49.5	50	52
$4p 3/2 _2$	6155.24		48	22	50	10
$4p 1/2 _0$	6481.14		9	3.7	9	17
$4p 3/2 _1$	6513.85		5	5.5	<0.3	
$4p 3/2 _2$	6581.60				<0.7	
$4p 1/2 _0$	7267.20				<0.5	
$4p 1/2 _1 - 7s 1/2 _1$	5054.18	23	50	57	50	
$4p 5/2 _2$	5473.45	29	22	31	23	
$4p 3/2 _1$	5618.01	22	23	22	23	
$4p 1/2 _0$	5940.86			16	12	
$4p 3/2 _1$	5948.31		20	16	20	20
$4p 3/2 _2$	6025.15	100	100	100	100	100
$4p 1/2 _1$	6101.16		36	23	36	38
$4p 1/2 _0$	6594.66				<2.5	14

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $7s|3/2|_2$ ($4s_5$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de cuatro líneas correspondientes a transiciones $7s|3/2|_2 \rightarrow 4p$. Los valores obtenidos a partir de las medidas de sus intensidades presentan un error de un 12%. Con anterioridad se había obtenido la vida media de este nivel de valor 171 ± 9 ns, valor que está en buen acuerdo con el calculado en acoplamiento jk de 169 ns. Por ello, hemos considerado oportuno utilizar estos cálculos para estimar la contribución de las probabilidades de transición de las líneas $7s \rightarrow 6p$ y $7s \rightarrow 5p$ y junto con los valores medidos obtener las probabilidades de transición absolutas. Los resultados obtenidos, se muestran en la siguiente tabla, donde se comparan con los valores existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	PROB. DE TRANSICION ABSOLUTAS $\times 10^5 \text{ s}^{-1}$			
			Este trabajo	20 Wiese	49 Corliss	50 Bues
$2p_{10} - 4s_5$	5451.65	41	5.6	4.9 ± 2.2	5.5	3.9 ± 0.8
$2p_9$	5888.58	100	13.6	13.4 ± 3.3	11.8	10.7 ± 2.1
$2p_8$	5942.67	17	2.3	1.9 ± 0.9	2.4	1.5 ± 0.5
$2p_6$	6170.17	30.5	4.1	5.2 ± 1.3	2.7	4.2 ± 0.6

Según los resultados mostrados en la tabla podemos ver que nuestros valores están en buen acuerdo dentro del error experimental con los de las referencias [20] excepto para la línea de 6170.17 Å con respecto a la cual el valor presentado en este trabajo de $4.1 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ es inferior en un 27% al dado por W.L.Wiese et al. [20] y superior en un factor 1.5 al de la ref. [50]. Para las demás transiciones las diferencias con I.Bues et al. [50] son superiores al error experimental.

Probabilidades de transición relativas de las líneas con origen en el nivel $7s|3/2|_1$ ($4s_4$)

Unicamente se han medido las intensidades de tres de las líneas que parten de este nivel. A partir de estas medidas se han obtenido las probabilidades de transición relativas con errores de un 12% .

Los valores obtenidos así como la media experimental de los resultados existentes en la literatura aparece en la siguiente tabla. En ella se muestran también los cálculos realizados en acoplamiento jk .

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}
$2p_{10} - 4s_4$	5439.99	18	17
$2p_8$	5928.81	100	100
$2p_7$	6098.80	46	49.5

Hemos de señalar que todos los resultados experimentales están en buen acuerdo con los nuestros, siendo la diferencia inferior a un 11% . Con respecto a los cálculos realizados en acoplamiento jk puro aparecen discrepancias de un 28% para la línea de 5439.99 \AA .

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $7s'|1/2|_1$ ($4s_2$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para cuatro líneas $4s_2 \rightarrow 2p$ con errores de un 12% . Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}
$2p_{10} - 4s_2$	5054.18	23	52
$2p_8$	5473.45	29	25
$2p_7$	5618.01	22	22
$2p_3$	6025.15	100	100

por \bar{A}_{rel} se representa la media aritmética de los resultados experimentales de las referencias [20], [49] y [50] que se muestran en la tabla 18. Nuestros resultados están en buen acuerdo con esta media y en particular con cada uno de los resultados de los diferentes autores excepto para la línea de 5054.18 Å.

No se ha considerado oportuno pasar las probabilidades de transición a valores absolutos por ser éste un nivel resonante para el cual no se ha medido su vida media. Por la misma causa tampoco se han pasado a valores absolutos las probabilidades de transición relativas de las líneas que parten del nivel $7s|3/2|_1$.

II.2.6.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $8s|3/2|_2$ ($5s_5$)

Se han medido las intensidades de cinco líneas $5s_5 \rightarrow 2p$ a partir de las cuales se han determinado sus respectivas probabilidades de transición relativas con errores en un 12% excepto para la línea de 5611.35 Å cuyo error se ha estimado en un 15%.

Como se conocía el valor de la vida media del nivel de 256 ± 10 ns se han considerado los valores calculados en acoplamiento jk para las transiciones $8s \rightarrow 7p$, $8s \rightarrow 6p$ y $8s \rightarrow 5p$ y junto con las probabilidades de transición relativas medidas para las transiciones $8s \rightarrow 4p$, se han pasado estas últimas a valores absolutos.

Estos valores absolutos y relativos así como los existentes en la literatura se muestran en la tabla 19. Se puede observar en esta tabla que el valor obtenido para la probabilidad de transición de la línea de 5611.35 Å es el primero existente en la literatura.

Tabla 19.- PROBABILIDADES DE TRANSICION 8s→4p

TRANSICION	Línea λ (Å)	I 17	P. RELATIVAS			P. ABSOLUTAS(x 10 ⁵ s ⁻¹)				
			V. EXPERIMENTALES			V. EXPERIMENTALES				
			Nos.	R.20	R.49	(JK)	Nos.	R.20	R.49	(JK)
4p 1/2 ₁ — 8s 3/2 ₂	5048.81	100	42	77	31	71	3.4	4.8±2.4	2.1	3.0
4p 5/2 ₃	5421.35	100	19	12		7	1.5	0.8±0.4		0.5
4p 5/2 ₂	5467.16	12	100	100	100	100	8.2	6.2±3.1	6.7	7.4
4p 3/2 ₁	5611.35	4	7			6	0.57			0.47
4p 3/2 ₂	5659.13	100	39	21	35	56	3.2	1.3±0.7	2.4	4.1
4p 3/2 ₂	6017.53	0.2								
4p 1/2 ₁	6093.33	0.2								

Para la línea más intensa de 5467.16 \AA , nuestro resultado concuerda con el dado por la ref. [20] dentro del margen de error experimental (50%). Las discrepancias con los resultados de la ref. [49] son inferiores a un 25% para las líneas de 5467.16 y 5659.13 \AA y de un 38% para la de 5048.81 \AA .

II.2.7.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para transiciones $9s \rightarrow 4p$.

Se han medido las intensidades de ocho transiciones con origen en los niveles $9s|3/2|_2$ y $9s|3/2|_1$. Estas transiciones tienen sus longitudes de onda entre 4800 y 5700 \AA por ello se ha utilizado como detector el fotomultiplicador XP 2000 enfriado con nieve carbónica. Las medidas realizadas para tres de estas transiciones son las primeras existentes en la literatura. Las demás se comparan con los resultados obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] y C.H.Corriss y J.B.Shumaker Jr [49] para las probabilidades de transición relativas. También se comparan con los cálculos realizados en acoplamiento jk ya que no existen ningún otro tipo de resultados teóricos para niveles tan excitados.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 20. Los valores relativos de las probabilidades de transición presentan errores de un 15% en todos los casos.

Considerando las transiciones que parten del nivel $9s|3/2|_2$ hemos de destacar que los valores relativos obtenidos para las probabilidades de transición de las líneas de 5219.30 y 5350.58 \AA son los primeros existentes en la literatura. Con respecto a las demás transiciones el acuerdo con los resultados de la ref. [20] es bueno y con los de la ref. [49] difiere únicamente en un 26% para la línea de 5393.97 \AA . Para pasar a valores absolutos hemos considerado los valores calculados en acoplamiento jk para las probabilidades

Tabla 20.- PROBABILIDADES DE TRANSICION $9s \rightarrow 4p$.

TRANSICION	Línea λ (Å)	VALORES RELATIVOS				VALORES ABSOLUTOS ($\times 10^5 s^{-1}$)			
		EXPERIMENTALES		(JK)		EXPERIMENTALES			
		Nos.	R.20	R.49	(JK)	Nos.	R.20	R.49	R.50 (JK)
$4p \mid 1/2 \mid_1 \rightarrow 9s \mid 3/2 \mid_2$	4836.70	48	42	41	41	1.8	1.0 ± 0.5	1.14	1.80
$4p \mid 5/2 \mid_3$	5177.54	100	100	100	100	3.7	2.5 ± 1.2	2.79	2.0 ± 0.4 4.38
$4p \mid 5/2 \mid_2$	5219.30	21			7	0.78			0.31
$4p \mid 3/2 \mid_1$	5350.58	25			6	0.92			0.28
$4p \mid 3/2 \mid_2$	5393.97	53	40	39	56	2.0	1.1 ± 0.5	1.1	2.44
$4p \mid 3/2 \mid_1$	5667.40								
$4p \mid 1/2 \mid_1 \rightarrow 9s \mid 3/2 \mid_1$	4834.10				13				
$4p \mid 5/2 \mid_2$	5216.28	31	64	64	100				
$4p \mid 3/2 \mid_1$	5347.41	60			52				
$4p \mid 3/2 \mid_2$	5390.72				10				
$4p \mid 1/2 \mid_0$	5639.11	100	100	100	16				
$4p \mid 3/2 \mid_1$	5663.80								

de las transiciones existentes desde este nivel a la configuración $3p^5 4p$. El valor total se ha distribuido proporcionalmente a los valores experimentales de las probabilidades de transición relativas. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 20 donde se comparan con los obtenidos en las referencias [20], [49] y [50], en general, nuestros resultados son algo superiores a los dados por estos autores (menos de un 50% para la transición más probable) pero hemos de considerar que el valor asignado a la vida media supera en un 50% al valor experimental.

II.2.8.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles $3p^5 4d$.

En el presente trabajo se han medido las intensidades de treinta y ocho líneas correspondientes a transiciones que parten de niveles $4d|7/2|_3$, $4d|3/2|_2$, $4d|1/2|_1$, $4d|1/2|_0$, $4d'|1/2|_3$, $4d'|5/2|_2$, $4d'|3/2|_2$ y $4d'|3/2|_1$ y cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 5900 y 9100 Å. El dispositivo experimental se ha utilizado con el fotomultiplicador XP 1005.

A partir de las medidas de las intensidades hemos determinado los valores relativos de las probabilidades de transición para las líneas que parten de un mismo nivel. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 21. En ella se comparan con los valores relativos de las probabilidades de transición dadas por W.L.Wiese et al. [20], C.H.Corliss y J.B.Shumaker Jr [49] y I.Bues et al. [50], también con los cálculos teóricos realizados en acoplamiento jk en este trabajo y con los aportados por P.D.Johnston [16] que considera acoplamiento intermedio.

Las longitudes de onda que aparecen en la tabla 21 son las dadas por la ref. [17] y confirmadas en la ref. [18] (tablas menos extensas). Sin embargo, las longitudes de onda para las líneas con origen en niveles $4d'|3/2|_2$ y $4d'|5/2|_2$ son las da-

Tabla 21.- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 4d→4s

TRANSICION	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES				V. TEORICOS	
		Nos.	R. 20	R. 49	R. 50	(jK)	R. 16
4p(5/2) ₃ — 4d(7/2) ₃	7270.66	15	11	11	11	4.3	20
4p(5/2) ₃	7353.32	100	100	100	100	100	100
4p(3/2) ₂	7704.81	6.6	6		6		1.4
4p'(3/2) ₂	8384.73	27	25		25		
4p(1/2) ₁ — 4d(3/2) ₂	6752.83	100	100	100	100	29	
4p(5/2) ₃	7436.25	14	14		14	7	
4p(3/2) ₂	7798.55	6	5		5	10	
4p(3/2) ₁	7891.08	60			49	100	
4p'(3/2) ₂	8490.30	8	5		7		
4p'(3/2) ₁	8605.78	71	54	17	54		
4p'(1/2) ₂	8761.69	68	49	24	49		
4p(1/2) ₁ — 4d(1/2) ₁	6871.29	100	100	100	100	85	
4p(5/2) ₃	7670.04	9	10	5	10		
4p(3/2) ₂	7956.99	1				8	
4p(3/2) ₁	8053.30	33	31	13	31	42	
4p(1/2) ₀	8620.46	34	33		33	100	
4p'(3/2) ₁	8678.43	12					
4p'(3/2) ₂	8799.08	20	17		16		
4p'(1/2) ₁	8962.19	6	6		6		
4p(1/2) ₁ — 4d(1/2) ₀	6937.67	100	100		100	100	
4p(3/2) ₁	8046.13	36	36		36	33	
4p'(1/2) ₁	9073.34	50	41		39		
4p(5/2) ₃ — 4d'(5/2) ₃	6538.11	35	34	31	35		2
4p(5/2) ₂	6604.85		4.4		4.2		0.2
4p(3/2) ₂	6887.10	36	44		44		4
4p'(3/2) ₂	7425.29	100	100	100	100		100
4p(1/2) ₁ — 4d'(5/2) ₂	6052.72	32	49	40	48		5
4p(5/2) ₃	6596.11		5.8	4.2			1
4p(5/2) ₂	6664.05		39	27	38		2
4p(3/2) ₂	6879.59		46	37	47		2
4p(3/2) ₁	6951.46	54	56	57	54		18
4p'(3/2) ₂	7412.33	100	100	100	100		4
4p'(1/2) ₁	7618.33	37	73	43	72		100
4p(1/2) ₁ — 4d'(3/2) ₂	6059.37	59	96	106	100		
4p(5/2) ₃	6604.02		34		76		0.3
4p(3/2) ₃	6888.17	65	55		69		5
4p(3/2) ₁	6960.23	62	53	72	67		0.3
4p'(3/2) ₂	7422.26	22	15		18	31	100
4p'(3/2) ₁	7510.42	100	100	100		31	12
4p'(1/2) ₂	7628.86	105	64	94	81	100	0.7
4p(1/2) ₁ — 4d'(3/2) ₁	5912.09	100	100	100	100		
4p(3/2) ₂	6766.61	53	40	37	41		
4p(1/2) ₀	7162.57	17	6	7	6		

das por la ref. [18]. En la ref. [17] aparece una inversión al asignar que línea parte de cada nivel. Cálculos realizados a partir de las energías experimentales de los niveles (refs. [12] y [13]) confirman la asignación hecha en la ref. [18].

Las probabilidades de transición relativas presentadas tienen errores estimados en un 10% para las de valor superior a 10 y de un 15% para las de valor superior a 1 y de un 20% para la línea muy débil de 7956.99 \AA .

La determinación experimental de la vida media de siete niveles $3p^5 4d$ (ver I.2.5) nos demuestra que estos resultados difieren en menos de un 26% de los calculados en acoplamiento jk . Por ello, se han tomado los valores calculados en este trabajo para evaluar las transiciones no medidas $4d \rightarrow 5p$, con ellos y con la vida media del nivel se han podido pasar los valores relativos medidos a probabilidades de transición absolutas. Así se han determinado los valores absolutos de treinta y dos probabilidades de transición. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22.

Probabilidades de transición absolutas para líneas con origen en el nivel $4d|7/2|_4$ ($4d'_4$).

Existe una sola transición que partiendo de este nivel vaya a un nivel $4p$ y cuya longitud de onda se encuentra en la zona espectral accesible a nuestro sistema. Sin embargo, se conocía la vida media del nivel de 226 ns y considerando los cálculos realizados en acoplamiento jk para evaluar la probabilidad de la transición $5p|5/2|_3 - 4d|7/2|_4$ hemos podido determinar la transición $4p|5/2|_3 - 4d|7/2|_4$. El valor encontrado es de $26.4 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$. Este valor concuerda con el dado en la ref. [20], de $20 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, dentro del margen de error (50%) estimado por estos autores, es muy próximo al dado en la ref. [49], de $25.9 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, así como al valor calculado en acoplamiento jk , de $25.7 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ y con respecto a la ref. [50], es superior al

Tabla 21.- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 4d

TRANSICION	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES				V. TEORICOS	
		Nos.	R. 20	R. 49	R. 50	(jk)	R. 16
4p(5/2) ₃ — 4d(7/2) ₃	7270.66	15	11	11	11	4.3	20
4p(5/2) ₂	7353.32	100	100	100	100	100	100
4p(3/2) ₂	7704.81	6.6	6		6		1.
4p'(3/2) ₂	8384.73	27	25		25		
4p(1/2) ₁ — 4d(3/2) ₂	6752.83	100	100	100	100	29	
4p(5/2) ₃	7436.25	14	14		14	7	
4p(3/2) ₁	7798.55	6	5		5	10	
4p(3/2) ₁	7891.08	60			49	100	
4p'(3/2) ₂	8490.30	8	5		7		
4p'(3/2) ₁	8605.78	71	54	17	54		
4p'(1/2) ₂	8761.69	68	49	24	49		
4p(1/2) ₁ — 4d(1/2) ₁	6871.29	100	100	100	100	85	
4p(5/2) ₂	7670.04	9	10	5	10		
4p(3/2) ₁	7956.99	1				8	
4p(3/2) ₁	8053.30	33	31	13	31	42	
4p(1/2) ₀	8620.46	34	33		33	100	
4p'(3/2) ₀	8678.43	12					
4p'(3/2) ₁	8799.08	20	17		16		
4p'(1/2) ₂	8962.19	6	6		6		
4p(1/2) ₁ — 4d(1/2) ₀	6937.67	100	100		100	100	
4p(3/2) ₁	8046.13	36	36		36	33	
4p'(1/2) ₁	9073.34	50	41		39		
4p(5/2) ₃ — 4d'(5/2) ₃	6538.11	35	34	31	35		2
4p(5/2) ₃	6604.85		4.4		4.2		0.
4p(3/2) ₂	6887.10	36	44		44		4
4p'(3/2) ₂	7425.29	100	100	100	100		100
4p(1/2) ₁ — 4d'(5/2) ₂	6052.72	32	49	40	48		5
4p(5/2) ₃	6596.11		5.8	4.2			1
4p(5/2) ₂	6664.05		39	27	38		2
4p(3/2) ₂	6879.59		46	37	47		2
4p(3/2) ₁	6951.46	54	56	57	54		18
4p'(3/2) ₂	7412.33	100	100	100	100		4
4p'(1/2) ₁	7618.33	37	73	43	72		100
4p(1/2) ₁ — 4d'(3/2) ₂	6059.37	59	96	106	100		
4p(5/2) ₃	6604.02		34		76		0.
4p(3/2) ₃	6888.17	65	55		69		5
4p(3/2) ₁	6960.23	62	53	72	67		0.
4p'(3/2) ₂	7422.26	22	15		18	31	100
4p'(3/2) ₁	7510.42	100	100	100		31	12
4p'(1/2) ₂	7628.86	105	64	94	81	100	0.
4p(1/2) ₁ — 4d'(3/2) ₁	5912.09	100	100	100	100		
4p(3/2) ₂	6766.61	53	40	37	41		
4p(1/2) ₀	7162.57	17	6	7	6		

valor dado en ésta en un 40% . A la vista de los resultados que se muestran en la tabla 22 podemos afirmar que la aproximación de Coulomb da buenos resultados para evaluar las partes radiales de las probabilidades de transición $4d \rightarrow 4p$ pues el valor de la probabilidad para esta transición es independiente del tipo de acoplamiento.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $4d|7/2|_3(4d_4)$

Se han medido las intensidades de cuatro líneas correspondientes a transiciones $4d_4 \rightarrow 2p$. A partir de las cuales se han obtenido las probabilidades de transición relativas con un error de un 10% excepto para la línea de 7704.81 \AA , para la cual el error estimado es de un 15% . En la sección 1.3.5 aparece el valor obtenido para la vida media de este nivel, con este valor y los obtenidos teóricamente para las transiciones $4d_4 \rightarrow 3p$ hemos podido pasar los valores relativos de las probabilidades de transición a valores absolutos.

Estos valores se presentan en la siguiente tabla junto a la media aritmética de los valores relativos y absolutos de las probabilidades de transición experimentales dadas en las refs. |20| |49| y |50|

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 5/2 _3 - 4d 7/2 _3$	7270.66	15		1.3	1.2
$4p 5/2 _2$	7353.32	100	100	9.0	10.0
$4p 3/2 _2$	7704.81	6.6	6	0.59	0.61
$4p' 3/2 _2$	8384.73	27	25	2.4	2.4

De esta tabla se deduce que las probabilidades de transición relativas están en buen acuerdo con esta media experimental excepto para la transición de 7270.66 \AA para la cual aparecen discrepancias de un 27% . En cuanto a los valores absolutos de las probabilidades de transición podemos decir que las

diferencias son iguales o inferiores a un 10% incluso para la transición antes mencionada. Los cálculos realizados tanto en acoplamiento jk como intermedio sobrevaloran la probabilidad de transición de la línea más intensa.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $4d|3/2|_2$ ($4d_3$)

Se han determinado las probabilidades relativas de siete líneas correspondientes a transiciones $4d_3 + 2p$. Los resultados obtenidos presentan errores de un 10% excepto para las líneas de 7798.55 y 8490.30 Å para las cuales el error se ha estimado en un 15%. Se ha utilizado el valor de la vida media del nivel, de 147 ± 7 ns, y los cálculos realizados en acoplamiento jk para evaluar las probabilidades de las transiciones $4d_3 + 3p$; con todo ello, hemos podido pasar a valores absolutos las probabilidades de transición $4d_3 + 2p$, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla. En esta tabla se presenta además la media de los resultados experimentales de la que se ha excluido los datos en la ref. [49] por considerarlos poco fiables. Cuando existía un único valor aparte del nuestro no se ha considerado oportuno estimar un valor medio.

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 1/2 _1 - 4d 3/2 _2$	6752.83	100	100	16.1	17.4
$4p 5/2 _3$	7436.25	14	14	2.3	2.4
$4p 3/2 _1$	7798.55	6	5	0.97	0.87
$4p 3/2 _2$	7891.08	60	-	9.7	-
$4p' 3/2 _1$	8490.30	8	7	1.3	1.0
$4p' 3/2 _2$	8605.78	71	60	11.4	10.3
$4p' 1/2 _1$	8761.69	68	55	11.9	9.6

Los valores relativos presentados en este trabajo discrepan de la media experimental en menos de un 20%. En cuanto a los valores absolutos de las probabilidades de transición la mayor diferencia, de un 23%, aparece para la transición

$4p' | 3/2 |_1 - 4d | 3/2 |_2$. Para la línea de 7891.08 \AA , nuestro valor, de $9.7 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, difiere en un 21% del dado por I. Bues et al. [50], de $7.9 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, que es el único existente en la literatura.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $4d | 1/2 |_1$ ($4d_5$)

Se han medido las intensidades de ocho líneas correspondientes a transiciones $4d_5 \rightarrow 2p$. A partir de los valores de las intensidades se han determinado las probabilidades de transición relativas para estas líneas con un error estimado de un 10% excepto para las líneas de 7670.04 y 8962.19 \AA que se ha estimado en un 15% y para la línea más débil de 7956.99 \AA el error es de un 20%. A pesar de ser un nivel resonante se había determinado el valor de su vida media. Partiendo del valor obtenido para atrape resonante total y de las probabilidades teóricas para las transiciones $4d_5 \rightarrow 3p$ hemos obtenido los valores absolutos de las probabilidades de transición. Los valores obtenidos para la transición $4p | 3/2 |_1 - 4d | 1/2 |_1$ y para la transición $4p' | 3/2 |_1 - 4d | 1/2 |_1$ son los primeros existentes en la literatura.

Los valores obtenidos se comparan con la media de los valores experimentales en la siguiente tabla

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
$4p 1/2 _1 - 4d 1/2 _1$	6871.29	100	100	33.0	30.9
$4p 5/2 _2$	7670.04	9	10	3.0	2.6
$4p 3/2 _1$	7956.99	1	-	0.33	-
$4p 3/2 _2$	8053.30	33	31	11.1	8.0
$4p 1/2 _0$	8620.46	34	33	11.3	9.5
$4p' 3/2 _1$	8678.43	12	-	4.0	-
$4p' 3/2 _2$	8799.08	20	18	6.7	5.1
$4p' 1/2 _1$	8962.19	6	6	2.0	1.7

Las diferencias de la media con respecto a nuestros resultados son inferiores a un 16% excepto para las transiciones $4p|3/2|_2 - 4d|1/2|_1$ y $4p'|3/2|_2 - 4d|1/2|_1$ que las diferencias son de un 27 y un 24% respectivamente.

Con respecto a los valores calculados en acoplamiento jk el acuerdo es bueno excepto para las líneas de 7956.11 y 8620.46 Å que son superiores al valor experimental en factores 7.4 y 2.7 respectivamente.

Probabilidades de transición relativas y absolutas para líneas que parten del nivel $4d|1/2|_0$ ($4d_6$)

Se han estudiado tres vías de desexcitación del nivel $4d|1/2|_0$. Los valores obtenidos para las probabilidades de transición relativas presentan errores de un 10% para las líneas de 6937.67 y 8046.13 Å. El error estimado para la línea de 9073.34 Å es de un 20% por estar en una zona próxima al límite de la red. Dentro de los márgenes de error correspondiente a nuestros resultados están en buen acuerdo con los valores experimentales de las referencias [20] y [50] y con los cálculos realizados en acoplamiento jk . Partiendo del valor de su vida media de 120 ns y de los valores de las probabilidades de las transiciones $4d_6 \rightarrow 3p$ calculadas en acoplamiento jk se han obtenido los valores absolutos que se presentan en la siguiente tabla. El acuerdo con los resultados de la ref. [20] es buena den

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5$
$4p 1/2 _1 - 4d 1/2 _0$	6937.67	100	100	39.0	37
$4p 3/2 _1$	8046.13	36	36	14.0	12.0
$4p' 1/2 _1$	9073.34	50	43	19.5	14.2

tro del margen de error, pero nuestros valores son algo superiores a los dados en la ref. [50] (se diferencian de los nuestros en un 34% para las dos primeras transiciones y en un 48% para la última).

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $4d' | 3/2 |_2$ ($4s''_1$)

Se han medido las intensidades de seis líneas que parten del nivel $4d' | 3/2 |_2$, a partir de las cuales se han obtenido las probabilidades de transición relativas con errores estimados en un 10%. La vida media de este nivel obtenida con anterioridad (223 ns) nos ha permitido determinar los valores absolutos de las probabilidades de transición utilizando, por supuesto, para estimar las probabilidades de las transiciones $4s''_1 \rightarrow 3p$ los cálculos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro. Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla en la que se incluyen también los valores relativos.

Transición	λ (Å)	A_{rel}	$A_{abs} \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
$4p 1/2 _1 - 4d' 3/2 _2$	6059.37	59	2.6
$4p 3/2 _1$	6888.17	65	2.9
$4p 3/2 _2$	6960.23	62	2.7
$4p' 3/2 _1$	7422.26	22	0.97
$4p' 3/2 _2$	7510.42	100	4.4
$4p' 1/2 _1$	7628.86	105	4.6

Hemos de señalar que los resultados obtenidos por las probabilidades de estas transiciones difieren considerablemente entre sí según la bibliografía consultada (referencias [20], [49] y [50]) por ello no hemos considerado representativo tomar valores medios de los resultados obtenidos para las probabilidades de transición tanto relativas como absolutas.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $4d' | 3/2 |_1$ ($4s'_1$)

Se han medido las intensidades de tres líneas que parten del nivel $4s'_1$ a partir de las cuales se han obtenido las probabilidades de transición relativas. Los valores obtenidos con error de un 10% se presentan en la tabla siguiente, en ella se

comparan con la media de resultados experimentales. Se puede observar que en la tabla 21 no se comparan con los cálculos realizados en jk por ser las tres líneas analizadas prohibidas en este acoplamiento

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}
$4p 1/2 _1 - 4d' 3/2 _1$	5912.09	100	100
$4p 3/2 _2$	6766.61	53	43
$4p 1/2 _0$	7162.57	17	9

De esta tabla se deduce que el resultado obtenido por nosotros para la línea de 5912.09 \AA es inferior al obtenido por los demás autores en un 25%.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $4d'|5/2|_3$ ($4s''_1$).

Se han determinado las probabilidades relativas de tres líneas $4s''_1 \rightarrow 2p$ con errores de un 10%. Los valores obtenidos se comparan con la media de los resultados experimentales encontrados en las referencias [20], [49] y [50]. El conocimiento experimental de la vida media del nivel junto con la evaluación, mediante los cálculos realizados en jk, de la contribución de las transiciones $4s''_1 \rightarrow 3p$ a la probabilidad total (en un 75%) nos ha permitido obtener los valores absolutos de las probabilidades que se muestran junto con la media en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 5/2 _3 - 4d' 5/2 _3$	6538.11	35	33.8	1.6	1.2
$4p 3/2 _2$	6887.10	36	41	1.7	1.4
$4p' 3/2 _2$	7425.29	100	100	4.8	3.7

Para la línea de 6887.10 \AA existen discrepancias de un 20% entre el valor relativo de la probabilidad de transición dado por nosotros y el obtenido en las referencias [20] y [50]

comparando los valores absolutos de las probabilidades de transición con la media experimental podemos decir que la máxima diferencia es de un 25%.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $4d' | 5/2 |_2$ ($4s''$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de cuatro líneas $4d' | 5/2 |_2 \rightarrow 4p$. Los valores obtenidos presentan errores de un 10%. Hemos de señalar que el valor relativo obtenido por nosotros para la transición 7618.33 \AA discrepa en un factor 2 de los dados en las referencias [20] y [50]. La diferencia es de un 15% con el obtenido en la ref. [49].

II.2.9.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^5 5d$

Se han medido las intensidades de treinta y siete líneas correspondientes a transiciones $5d \rightarrow 4p$. A partir de dichas medidas se han determinado las probabilidades de transición relativas con errores de un 12% para las líneas más intensas, de probabilidad relativa superior a diez, de un 17% para las líneas de probabilidad relativa superior a dos y de un 25% para la línea de 5943.89 \AA . Con los valores experimentales de las vidas medias (ver I.2.6) y los cálculos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro para evaluar las transiciones no estudiadas se ha podido obtener los valores absolutos de las probabilidades de transición para dieciseis líneas que parten de niveles $5d | 7/2 |_4$, $5d | 5/2 |_2$, $5d | 3/2 |_2$ y $5d | 1/2 |_1$. Los resultados obtenidos para las probabilidades de transición presentan errores estimados entre un 15 y un 30%. Los valores absolutos y relativos de las probabilidades de transición para las líneas que parten de los niveles antes mencionados se muestran en la tabla 23 en ella se comparan con los resultados experimentales de las referencias [49] y [50] y con los valores recopilados por la ref. [20]. Estos resultados se comparan también

Tabla 23.- PROBABILIDADES DE TRANSICION 5d+4p.

TRANSICION	Línea λ (Å)	PROBABILIDADES RELATIVAS				PROBABILIDADES ABSOLUTAS ($\times 10^{-5} s^{-1}$)					
		V. EXPERIMENTALES				VALORES		EXPERIMENTALES		V. TEORICOS	
		Nos.	R.20	R.49	R.50	(jK)	Nos.	R.20	R.49	R.50	(jK) R.16
$4p \left 5/2 \right _3 \text{ — } 5d \left 7/2 \right _4$	6032.13						30.4	24.6±6.2	22.7	21.3±3.2	37.1 18
$4p \left 5/2 \right _3 \text{ — } 5d \left 5/2 \right _2$	5943.89	2	5		5	2	0.17	0.4±0.2		0.3±0.1	
$4p \left 5/2 \right _2$	5999.00	35	21	32	22	32	2.3	1.5±0.7	1.8	1.2±0.4	
$4p \left 3/2 \right _1$	6173.10	100	100	100	100	100	7.3	7.0±1.8	5.5	5.6±0.8	
$4p \left 1/2 \right _1 \text{ — } 5d \left 3/2 \right _2$	5558.70	100	100	100	100	100	12.9	14.8±3.7	9.7	11.8±1.8	7.4
$4p \left 5/2 \right _3$	6013.68	8	10	13	10	19	1.0	1.5±0.8	1.3	1.2±0.8	1.4 0.9
$4p \left 3/2 \right _1$	6248.41		5	8	5	26		0.7±0.3	0.7	0.6±0.2	1.9
$4p \left 3/2 \right _2$	6307.66	43	43	61	43	46	5.5	6.3±3.1	5.9	5.1±1.0	3.3 6.5
$4p \left 3/2 \right _1$	6684.73		3	4	3			0.4±0.2	0.4	0.3±0.1	
$4p \left 3/2 \right _2$	6756.10	27	26	31	26		3.5	3.8±1.9	3	3.0±0.6	1.0
$4p \left 1/2 \right _1$	6851.88	6.9	4.7	5.3	4.7		0.9	0.7±0.4	0.5	0.6±0.2	
$4p \left 1/2 \right _1 \text{ — } 5d \left 1/2 \right _1$	5606.73	100	100	100	100	100	22.1	22.9±5.7	18.3	18.3±2.7	22.1
$4p \left 5/2 \right _2$	6127.42	6	5	7.5	5		1.3	1.1±0.5	1.4	0.9±0.2	
$4p \left 3/2 \right _1$	6309.14	3.7	3.4	3.6		7	0.8	0.8±0.4	0.6		1.6
$4p \left 3/2 \right _2$	6369.58	20	19	23	19	38	4.4	4.4±2.2	4.3	3.5±0.7	8.4
$4p \left 1/2 \right _0$	6719.22	16	11	16	11	84	3.5	2.5±1.2	3.0	2.0±0.6	18.6
$4p \left 3/2 \right _2$	6827.25	16	11	12	11		3.5	2.5±1.2	2.2	2.0±0.5	
$4p \left 1/2 \right _1$	6925.01	9	5	11	5		2.0	1.2±0.6	2.0	1.0±0.2	

con los cálculos realizados en acoplamiento intermedio por P. A. Johnston [16]. Este Autor sólo ha calculado probabilidades de transición para líneas cuyo nivel superior n_d tenga un momento angular igual a cuatro, tres ó dos.

En la tabla 24 se presentan las probabilidades relativas de transición que tienen por niveles superiores los niveles $5d|1/2|_3$, $5d|5/2|_3$, $5d'|5/2|_2$ y $5d'|3/2|_2$.

Las longitudes de onda de las transiciones estudiadas están comprendidas entre 5180 y 7000 Å. Por tanto, el estudio de las diferentes líneas se ha realizado utilizando como detector de fotones individuales el fotomultiplicador XP 2000 excepto en el estudio de las líneas que parten de los niveles $5d|1/2|_1$, $5d|1/2|_0$ y $5d|3/2|_2$ para las que se ha utilizado el fotomultiplicador XP 1005. Hemos de señalar que se trata de una zona de líneas débiles y baja eficiencia de ambos fotomultiplicadores, de todas formas se han podido medir líneas cuya intensidad según las tablas de la ref. [17] es de 2. Hemos de señalar que las líneas que según la ref. [17] tienen por origen el nivel $5d'|3/2|_1$ corresponden, teniendo en cuenta las energías experimentales de los niveles (refs. [12] y [13]), a transiciones que parten del nivel $6d|3/2|_2$. Esto se ha confirmado a través de las líneas de 5641.38 y 6128.72 Å que aparecen clasificadas en la ref. [18] como procedentes de este último nivel $6d|3/2|_2$.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $5d|1/2|_1$ ($5d_5$)

Se han medido las intensidades de siete líneas originadas por transiciones desde el nivel $5d|1/2|_1$. A partir de estas medidas se han obtenido las probabilidades relativas correspondientes a estas transiciones con errores comprendidos entre un 12 y un 17%. Por ser un nivel resonante no se ha medido su vida media, pero se han utilizado los cálculos teóricos realizados en acoplamiento j_k para evaluar la vida media del nivel

Tabla 24.- PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS 5d+4p

TRANSICION	Línea λ (Å)	VALORES EXPERIMENTALES				V. TEORICOS	
		Nos.	R.20	R.49	R.50	(jK)	R.16
$4p 1/2 _1 \rightarrow 5d 1/2 _0$	5650.70	100	100	100	100	100	
$4p 3/2 _1$	6364.89	22	17	16	17	25	
$4p 3/2 _1$	6818.29	10	6	7	6		
$4p 1/2 _1$	6992.17	52	23	38	23		
$4p 5/2 _3 \rightarrow 5d 5/2 _3$	5927.13	13	10	14	10	20	100
$4p 5/2 _2$	5981.90	5	3	3	3	1.2	61
$4p 3/2 _2$	6212.50	100	100	100	100	100	39
$4p 5/2 _3 \rightarrow 5d 5/2 _3$	5524.96	23	23	22	23		4
$4p 5/2 _2$	5572.54	92	87	95	88		15
$4p 3/2 _2$	5772.12	26	27	32	26		75
$4p 3/2 _2$	6145.44	100	100	100	100		100
$4p 5/2 _2 \rightarrow 5d 5/2 _2$	5588.72	25	13		12		13
$4p 3/2 _1$	5739.52	71	72		72		18
$4p 3/2 _2$	5789.48	3.3	3.8		3.8		68
$4p 3/2 _1$	6105.63	100	100		100	100	30
$4p 3/2 _2$	6165.12	12	5		8	12	100
$4p 1/2 _1 \rightarrow 5d 3/2 _2$	5187.75	100	100	100	100		
$4p 5/2 _3$	5581.83	6	4	4	4		
$4p 3/2 _1$	5783.54	3.3	6	3	6		
$4p 3/2 _2$	5834.27	48	38	44	33		
$4p 3/2 _2$	6215.94	28	43	35	43	17	
$4p 1/2 _1$	6296.88	49	68	53	68	100	

considerando atrape resonante total y las transiciones no estudiadas. Así se han podido obtener las probabilidades de transición absolutas.

Los valores obtenidos para probabilidades relativos y absolutos de estas transiciones se muestran en la siguiente tabla en la que se comparan con la media de los valores experimentales existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 1/2 _1 - 5d 1/2 _1$	5606.73	100	100	22.1	20.4
$4p 5/2 _2$	6127.42	6.0	5.9	1.3	1.2
$4p 3/2 _1$	6309.14	3.7	3.6	0.82	0.75
$4p 3/2 _2$	6369.58	20	20	4.4	4.1
$4p' 1/2 _0$	6719.22	16	13	3.5	2.75
$4p' 3/2 _2$	6827.25	16	12	3.5	2.55
$4p' 1/2 _1$	6925.01	9	7.5	2.0	1.55

Observamos que los resultados obtenidos concuerdan con la media dentro de los márgenes de error experimental excepto para las líneas de 6719.22 y 6827.25 Å para las que existen diferencias de los valores relativos medios con respecto a los nuestros de un 18 y un 25% respectivamente. Los únicos cálculos existentes son los obtenidos por nosotros en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk , estos cálculos consideran únicamente transiciones entre niveles del mismo término padre por ello sobrevaloran las probabilidades de transición permitidas para dar valores globales aceptables.

Probabilidades de transición relativas y absolutas para líneas con origen en el nivel $5d|7/2|_4$ ($5d_4$).

La única transición que partiendo de este nivel tiene su longitud de onda en el espectro visible es la línea de 6032.13 Å correspondiente a la transición $4p|5/2|_3 - 5d|7/2|_4$. No tiene pues sentido hablar de probabilidades relativas, pero al valor

experimental de la vida media (255 ± 10 ns) junto con los cálculos realizados para las probabilidades de transición desde $5d_4$ a niveles $4p$, $4V$, $4Y$, $3p$, $2p$ no ha permitido obtener la probabilidad absoluta para esta transición. El valor obtenido de $30.4 \times 10^5 s^{-1}$ presenta un error estimado en un 25%. Dentro de los márgenes de error experimental este resultado concuerda con los dados por W.L.Wiese [20] de $24.6 \times 10^5 s^{-1}$ y C.H.Corliss y J.B.Shumaker Jr [49] de $22.7 \times 10^5 s^{-1}$ y difieren en un 30% del resultado dado por I.Bues et al. [50] de $21.3 \times 10^5 s^{-1}$. El acuerdo es bueno con el resultado teórico en jk de $37.1 \times 10^5 s^{-1}$ y difiere en un 41% del dado en acoplamiento intermedio en la ref. [16] de $18 \times 10^5 s^{-1}$.

Probabilidades de transición relativas y absolutas para líneas con origen en el nivel $5d|3/2|_2$ ($5d_3$)

Se han medido las intensidades de cinco líneas que parten de este nivel $5d_3$. A partir de estas medidas se han determinado las probabilidades de transición relativas con un error estimado de un 12% excepto para las líneas de 6013.68 y de 6851.88 Å para las cuales el error estimado es de un 17%. El valor experimental de la vida media de 205 ± 15 ns junto con la evaluación teórica de las probabilidades de las transiciones no medidas ha permitido obtener las probabilidades de transición absolutas de las líneas medidas con errores estimados entre un 15 y un 25%. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente, donde se comparan con la media de valores existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 s^{-1}$
$4p 1/2 _1 - 5d 3/2 _2$	5558.70	100	100	12.9	12.3
$4p 5/2 _3$	6013.68	8	10	1.03	1.25
$4p 3/2 _2$	6307.66	43	47	5.5	5.7
$4p' 3/2 _2$	6756.10	27.5	27.6	3.5	3.3
$4p' 1/2 _1$	6851.88	6.9	5.4	0.89	0.67

A la vista de la tabla podemos afirmar que los resultados concuerdan con la media para todas las transiciones dentro del margen de error experimental.

Probabilidades de transición relativas y absolutas para líneas con origen en el nivel $5d|5/2|_2(5d_1)$

Se han determinado las probabilidades relativas de tres transiciones con origen en el nivel $5d_1$. Los valores obtenidos presentan errores de un 12% excepto para la línea de 5943.89 \AA que el error estimado es de un 25% ya que es una línea débil (intensidad 2 según la ref. [17]) que presenta próxima otra línea (5942.67 \AA) de intensidad veinte veces superior según las tablas de líneas espectrales de las ref. [17].

Con el valor experimental de la vida media de $(330 \pm 30 \text{ ns})$ y los cálculos realizados en acoplamiento jk para las transiciones no estudiadas que parten del mismo nivel, se han determinado las probabilidades absolutas de estas tres transiciones con errores comprendidos entre un 25 y un 30%. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 5/2 _3 - 5d 5/2 _2$	5943.89	53	53	0.17	0.34
$4p 5/2 _2$	5999.0	35	27	2.3	1.7
$4p 3/2 _1$	6173.10	100	100	7.3	6.3

Las mayores discrepancias, en factor 2, aparecen para los valores de las probabilidades de transición de la línea de 5943.89 \AA hemos de tener en cuenta que la corrección del factor de ala correspondiente a la línea de 5942.67 \AA disminuyó el valor de la probabilidad de transición relativa en un factor 2.6. Para las otras dos transiciones el acuerdo entre la media experimental y las probabilidades de transición absolutas presentadas en este trabajo es bueno dentro del margen de error experimental.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $5d|1/2|_0$ ($5d_6$)

Se han medido las intensidades de las cuatro transiciones posibles $5d_6 \rightarrow 2p$. A partir de las mismas se han determinado las probabilidades de transición relativas con errores de un 12% y de un 17% para la línea de 6818.29 \AA . Los resultados obtenidos comparados con la media de los resultados experimentales y con valores relativos calculados en acoplamiento jk se muestran en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}}(jk)$
$4p 1/2 _1 - 5d 1/2 _0$	5650.70	100	100	100
$4p 3/2 _1$	6364.89	22	18	25
$4p' 3/2 _1$	6818.29	10	7	-
$4p' 1/2 _1$	6992.17	52	34	

A pesar de haber medido la vida media del nivel $5d|1/2|_0$ no se han pasado los valores relativos de las probabilidades de transición a valores absolutos por no considerarse fiables la distribución relativa de probabilidades de transición dada por los cálculos realizados en acoplamiento jk ya que según nuestras medidas los valores relativos de las probabilidades de transición prohibidas en jk son un 51% de los absolutos para transiciones $5d_6 \rightarrow 2p$. Lo mismo ocurre para los niveles $5d$ que se consideran posteriormente.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $5d|5/2|_3$ ($5d'_1$).

Se han determinado las probabilidades de tres transiciones que tienen por nivel superior el nivel $5d'_1$. Los valores obtenidos presentan errores de un 12% para las líneas de 5927.13 y 6212.50 \AA y de un 17% para la línea de 5981.90 \AA .

Estos resultados se recogen en la siguiente tabla donde se comparan con la media de valores relativos experimentales de las refs. [20], [49] y [50] y con los valores relativos de los cálculos realizados en acoplamiento jk .

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}}(jk)$
$4p 5/2 _3 - 5d 5/2 _3$	5927.13	13	11	20
$4p 5/2 _2$	5981.90	5	3	1
$4p 3/2 _2$	6212.50	100	100	100

Observamos que para la línea de 5981.90 \AA , la media experimental difiere de nuestro resultado en un 40%. Un factor 5 separa nuestro resultado del valor teórico calculado en acoplamiento jk para esta línea. Las discrepancias son inferiores a un 54% para las demás transiciones.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $5d'|5/2|_3$ ($5s''_1$).

Se han estudiado las intensidades de cuatro líneas que parten del nivel $5s''_1$. Las medidas realizadas nos han permitido obtener valores relativos de las probabilidades de transición con errores estimados en un 12%. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente donde se comparan con la media de valores experimentales existentes en la literatura. No se ha comparado con los cálculos realizados en acoplamiento jk , pues solamente una de las transiciones es permitida en este acoplamiento. Por esta causa, no se han considerado estos cálculos útiles para pasar las probabilidades de transición medidas a valores absolutos a pesar de conocerse la vida media del nivel. En esta tabla se incluyen también los valores teóricos obtenidos por P.D. Johnston [16] considerando acoplamiento intermedio.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}} 16 $
$4p 5/2 _3 - 5d' 5/2 _3$	5524.96	23	23	4
$4p 5/2 _2$	5572.54	92	90	15
$4p 3/2 _2$	5772.12	26	28	75
$4p' 3/2 _2$	6145.44	100	100	100

Podemos ver que nuestros resultados y la media experimental están en buen acuerdo dentro del margen de error experimental; pero, sin embargo, no se puede decir lo mismo de los cálculos teóricos. En la tabla 24 en que se muestran los resultados de los diferentes autores se puede ver que mientras los datos experimentales se mantienen en un acuerdo razonable los cálculos [16] discrepan de una manera tal que no mantienen el orden de mayor a menor probabilidad. Una vez más, se pone de manifiesto que estamos lejos de conocer el comportamiento de átomos con orbitales muy excitados.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $5d'|5/2|_2(5s_1''')$

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de cinco transiciones que tienen por nivel superior al nivel $5s_1'''$. Los valores obtenidos presentan errores de un 12%, excepto para la línea de 5789.48 Å para la que el error se estima en un 17%. Los resultados que se muestran en la tabla siguiente se comparan con los valores medios de las ref. [20] y [50] y con los cálculos realizados en jk y en acoplamiento intermedio [16].

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}} (jk)$	$A_{\text{rel}} (I.C.)$
$4p 5/2 _2 - 5d' 5/2 _2$	5588.72	25	13	-	13
$4p 3/2 _1$	5739.52	71	72	-	18
$4p 3/2 _2$	5789.48	3.3	3.8	-	68
$4p' 3/2 _1$	6105.63	100	100	100	30
$4p' 3/2 _2$	6165.12	12	7		100

El acuerdo de nuestros resultados con la media aritmética de los dados en las referencias [20] y [50] es bueno dentro del error experimental, excepto para las líneas de 5588.72 y 6165 12 Å para las cuales existen diferencias de un 48 y un 42% respectivamente. El acuerdo de nuestros resultados con los cálculos realizados en acoplamiento jk es bueno. No se puede decir lo mismo de los valores teóricos obtenidos en la ref. [16].

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $5d' | 3/2 |_2$ ($5s''$)

Se han medido las intensidades de seis líneas que parten del nivel $5s''$. Estas medidas nos han permitido determinar los valores relativos de las probabilidades de transición con errores estimados en un 12% para los valores relativos superiores a diez y de un 17% en los demás casos.

Los resultados obtenidos se comparan con la media aritmética de los valores experimentales existentes en la literatura.

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}
$4p 1/2 _1 - 5d' 3/2 _2$	5187.75	100	100
$4p 5/2 _3$	5581.83	6	4
$4p 3/2 _1$	5783.54	3.3	4.6
$4p 3/2 _2$	5834.27	48	41
$4p' 3/2 _2$	6215.94	28	37
$4p' 1/2 _1$	6296.88	49	60

Observamos que existen discrepancias entre nuestros resultados y la media experimental que son inferiores a un 40%. No se ha incluido en esta tabla los cálculos realizados en jk pues estos cálculos asignan como más intensa la transición $4p' | 3/2 |_1 - 5d' | 3/2 |_2$ de 6155.24 Å que no se ha medido en este trabajo por estar mezclada con la transición $4p | 3/2 |_2 - 7s | 3/2 |_1$ según las tablas de la ref. [17]. En las tablas de líneas espec-

trales de la ref. [18] la línea en cuestión se asigna únicamente a la transición $4p|3/2|_2 - 7s|3/2|_1$

II.2.10.- Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^56d$

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para treinta y dos líneas que parten de niveles $3p^56d$. Para obtenerlas hemos medido las intensidades de las líneas correspondientes que tienen sus longitudes de onda comprendidas entre 4760 y 6130 Å por ello se ha utilizado para la detección de fotones individuales el fotomultiplicador XP 2000.

Las probabilidades relativas obtenidas que se muestran en la tabla 25 presentan errores estimados en un 12% para las de valor relativo superior a diez y de un 17% las de valor relativo inferior. De estos valores, siete son originales, los demás se comparan con los resultados encontrados en las referencias [20], [49] y [50]. Estos valores también se comparan con los cálculos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro, así como con los obtenidos en acoplamiento intermedio por P.D. Johnston [16].

A pesar de haberse medido la vida media de seis de los nueve niveles aquí estudiados no se ha considerado fiable pasar a valores absolutos las probabilidades de transición pues se trata de niveles muy excitados y supondría hacer una evaluación teórica de muchas probabilidades de transición. En efecto, habría que considerar la contribución de transiciones $6d \rightarrow 7p$, $6d \rightarrow 5f$, $6d \rightarrow 6p$, $6d \rightarrow 4f$ y $6d \rightarrow 5p$ que dan valores de las probabilidades de transición pequeños (casos peligrosos de cancelación de partes positivas y negativas en la integral radial) pero no lo suficientes como para considerarlos despreciables (Aproximadamente un 42% del valor de la vida media).

Tabla 25.- PROBABILIDADES DE TRANSICION 6d+4p.

PROBABILIDADES DE TRANSICION RELATIVAS

TRANSICION	Línea $\lambda(\text{\AA})$	VALORES EXPERIMENTALES				V. TEORICOS	
		Nos.	R. 20	R. 49	R. 50	(jK)	R. 16
4p(1/2) ₁ — 6d(1/2) ₁	5162.29	100	100	100	100	100	
4p(5/2) ₂	5600.43	5					
4p(3/2) ₂	5802.08	29	22	26	22	27	
4p(1/2) ₁ — 6d(1/2) ₀	5151.39	100	100	100	100	100	
4p(3/2) ₁	5738.42	25				23	
4p'(1/2) ₁	6243.40		5.6	10	5.4		
4p(5/2) ₃ — 6d(7/2) ₃	5459.61	5.8	6.6	4	5.6	4.7	15
4p(5/2) ₂	5506.11	100	61	100	60	100	100
4p(3/2) ₂	5700.87	15	100	11	100		
4p'(3/2) ₂	6064.76	20	10	21	10		1
4p(5/2) ₃ — 6d(5/2) ₃	5442.22	100	100	100		25	34
4p(3/2) ₂	5681.90	49	46	42		100	100
4p(1/2) ₁ — 6d(5/2) ₂	5068.39	12					
4p(5/2) ₂	5490.12	73	4	89		100	
4p(3/2) ₂	5635.57	100	45	100		32	
4p(3/2) ₁	5683.73	39	100	36		3.3	
4p(1/2) ₁ — 6d(3/2) ₂	5073.08	58	67	67			
4p(3/2) ₁	5641.34	100	100	100			
4p'(1/2) ₁	6128.73	99	99	99			
4p(5/2) ₃ — 6d'(5/2) ₃	5078.03	12	11	11			
4p(5/2) ₂	5118.21	50	64	62			3
4p(3/2) ₂	5286.07	20	23	23			1
4p'(3/2) ₂	5597.45	100	100	100			100
4p(5/2) ₂ — 6d'(5/2) ₂	5127.80	12	9		14		7
4p(3/2) ₁	5254.47	62	100				
4p(3/2) ₂	5296.32	<4					34
4p'(3/2) ₂	5559.62	100	60		100	100	9
4p'(3/2) ₁	5608.90	14				12	100
4p(1/2) ₁ — 6d'(3/2) ₂	4768.67	100	100	100			12
4p(5/2) ₃	5099.64	14					
4p(3/2) ₂	5309.52	21	13	29			3
4p'(3/2) ₂	5623.78	44	17	51		18	100
4p'(1/2) ₁	5689.91	62				100	80

Probabilidades de transición relativas para líneas que parten del nivel $6d|1/2|_1$ ($6d_5$).

Se han medido las intensidades de tres líneas que parten de este nivel. A partir de estas medidas se han determinado las probabilidades de transición relativas con errores de un 12% excepto para la línea más débil de 5600.43 \AA , cuyo error se estima en un 17%. Hemos de señalar que el valor obtenido para esta transición $4p|5/2|_2 - 6d|1/2|_1$ es el primero existente en la literatura, tampoco se ha podido comparar con los cálculos realizados en jk por ser esta transición prohibida en dicho acoplamiento.

En la siguiente tabla se esquematizan los resultados obtenidos y se comparan con la media de los valores relativos de las probabilidades de transición existentes en la literatura y con los cálculos realizados en acoplamiento jk .

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}} (jk)$
$4p 1/2 _1 - 6d 1/2 _1$	5162.29	100	100	100
$4p 5/2 _2$	5600.43	5	-	-
$4p 3/2 _2$	5802.08	29	25	27

Observamos que para la línea de 5802.08 \AA el valor medio es inferior al nuestro en un 14%. Es de destacar el buen acuerdo, con los cálculos realizados en acoplamiento jk .

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d|1/2|_0$ ($6d_6$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para dos líneas que parten del nivel $6d_6$. Los resultados obtenidos presentan errores de un 12%. Uno de los resultados, el obtenido para la transición $4p|3/2|_1 - 6d|1/2|_0$ es el primero existente en la literatura, este resultado comparado con el valor relativo teórico presenta buen acuerdo, dentro del margen

de error experimental.

En la siguiente tabla se muestran los resultados existentes en la literatura para transiciones que parten de este nivel.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}} (jk)$
$4p 1/2 _1 - 6d 1/2 _0$	5151.39	100	100	100
$4p 3/2 _1$	5738.42	25	-	23
$4p' 1/2 _1$	6243.40	-	7	-

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d|7/2|_3$ ($6d_4$)

Se han medido las intensidades de cuatro líneas que parten del nivel $6d_4$. A partir de dichas medidas se han obtenido las probabilidades de transición relativas con un error estimado de un 12%, excepto para la línea de 5459.61 Å para la que el error estimado es de un 17%.

En la tabla siguiente se representan los valores obtenidos para estas transiciones y se comparan con los calculados en acoplamiento jk . En este caso no incluimos la media de los valores relativos experimentales de las probabilidades de transición por ser bastante dispares entre si. De la tabla 25 se desprende que nuestros valores están próximos a los obtenidos por C.H. Corliss y J.B. Shumaker Jr [49] y que W.L. Wiese et al. [20] han tomado como referencia las intensidades medidas por I. Bues et al. [50] que en este caso divergen hasta un factor 6.7 de los valores obtenidos por nosotros.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{rel}} (jk)$
$4p 5/2 _3 - 6d 7/2 _3$	5459.61	5.8	4.7
$4p 5/2 _2$	5506.11	100	100
$4p 3/2 _2$	5700.87	15	-
$4p' 3/2 _2$	6064.76	20	-

Hemos de destacar que las diferencias entre los valores calculados y medidos son inferiores a un 19% .

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d|5/2|_3$ ($6d'_1$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas de dos líneas que parten del nivel $6d'_1$ con errores de un 12% . Los valores obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{rel}}(jk)$
$4p 5/2 _3 - 6d 5/2 _3$	5442.22	100	100	25
$4p 3/2 _2$	5681.90	49	45	100

Como se ve, el acuerdo con la media de los resultados experimentales es buena. Sin embargo los cálculos teóricos parecen ir muy mal, lo mismo se dedujo al comparar el valor experimental de la vida media con el teórico (ver I.3.7).

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d|5/2|_2$ ($6d''_1$)

Se han medido las intensidades de cuatro líneas que parten del nivel $2d'_1$. A partir de estas medidas se han determinado las probabilidades de transición relativas con errores estimados en un 12% . Los resultados obtenidos se muestra en la tabla siguiente donde se comparan con los obtenidos por la ref. [49] y con los calculados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{rel}}[49]$	$A_{\text{rel}}(jk)$
$4p 1/2 _1 - 6d 5/2 _2$	5068.39	12	-	-
$4p 5/2 _2$	5490.12	73	89	100
$4p 3/2 _1$	5635.57	100	100	32
$4p 3/2 _2$	5683.73	39	36	3.3

De esta tabla se desprende que el resultado obtenido para la probabilidad de transición relativa de la línea de 5068.39 \AA es el primero existente en la literatura. Por otra parte el acuerdo de nuestros resultados con la de la ref. [49] es bueno dentro del margen de error experimental excepto para la línea de 5490.12 \AA para la que existen discrepancias de un 20%. Al igual que para el nivel anterior, los cálculos en acoplamiento jk no dan cuenta de la relación de probabilidades de transición.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d|3/2|_2$ ($6d_3$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para tres líneas que parten del nivel $6d_3$. Los resultados obtenidos, con errores de un 12%, se muestran en la siguiente tabla en la que se comparan con los dados en la ref. [49] y compilados por W.L.Wiese [20].

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{rel}}[49]$
$4p 1/2 _1 - 6d 3/2 _2$	5073.08	58	67
$4p 3/2 _1$	5641.34	100	100
$4p' 1/2 _1$	6128.73	99	99

En la tabla se ve que las diferencias entre valores relativos son inferiores a un 15%.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d'|5/2|_3$ ($6s''_1$)

Se han medido las intensidades de cuatro transiciones de nivel superior, el nivel $6s''_1$, a partir de estas medidas se han determinado las probabilidades de transición relativas con un error estimado de un 12%. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla. En ella se comparan con la media aritmética de los valores dados en las referencias [20] y [49].

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	A_{rel}	I.C.
$4p 5/2 _3 - 6d' 5/2 _3$	5078.03	12	11		0.34
$4p 5/2 _2$	5118.21	50	63		2.7
$4p 3/2 _2$	5286.07	20	23		0.71
$4p' 3/2 _2$	5597.45	100	100	100	

Los resultados obtenidos comparados con los demás autores están dentro del margen de error experimental excepto para la línea de 5118.21 \AA para la cual las diferencias son de un 25%. En la tabla se incluyen además los cálculos realizados en I.C. en la ref. [16]. Una vez más se pone de manifiesto las diferencias entre los resultados experimentales y los valores teóricos.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d'|5/2|_2$ ($6s_1''$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para cinco líneas con origen en el nivel $6s_1''$. Los resultados obtenidos presentan errores de un 12% , para las de valor superior a 10 y de un 17% para la línea de 5296.32 \AA . Estos valores se muestran en la siguiente tabla en la que se comparan con los valores experimentales relativos dados en la ref. [50] y con los calculados en acoplamiento jk .

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	50	A_{rel} (jk)
$4p 5/2 _2 - 6d' 5/2 _2$	5127.80	12	14		-
$4p 3/2 _1$	5254.47	62	-		-
$4p 3/2 _2$	5296.32	<4	-		-
$4p' 3/2 _1$	5559.62	100	100		100
$4p' 3/2 _2$	5608.90	14	-		12

De los valores dados en esta tabla, los aportados para las líneas de 5296.32 y 5608.90 \AA son los primeros existentes en la literatura. Para las demás transiciones, observamos que las diferencias tanto con los valores dados por I.Bues et al. [50] como

con los teóricos calculados en acoplamiento jk son inferiores a un 16%. Existen además los valores de la ref. [20] en la que aparecen invertidas los valores de las probabilidades de transición asignadas a las líneas de 5254.47 y 5559.62 Å.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $6d' |3/2|_2$ ($6s''_1$)

Se han medido las intensidades de cinco líneas que parten del nivel $6s''_1$ que nos han permitido obtener los valores relativos de las probabilidades de transición que se muestran en la siguiente tabla. Estos valores presentan errores de un 12%.

Transición	$\lambda(\text{Å})$	A_{rel}	$\bar{A}_{\text{rel}} 49 $	$A_{\text{rel}} (jk)$
$4p 1/2 _1 - 6d' 3/2 _2$	4768.67	100	100	-
$4p 5/2 _3$	5099.64	14	-	-
$4p 3/2 _2$	5309.52	21	29	-
$4p' 3/2 _2$	5623.78	44	51	17.5
$4p' 1/2 _1$	5689.91	62	-	100

Los resultados obtenidos para las probabilidades de transición relativas de las líneas de 5099.64 y 5689.91 Å son los primeros existentes en la literatura. Comparados nuestros valores con los de la referencia [49] se puede observar que las discrepancias son de un 15% para la línea de 5623.78 Å y de un 32% para la de 5309.52 Å.

Las diferencias de las probabilidades de transición relativas experimentales y teóricas no se podían esperar a partir de la comparación de los valores experimentales y teóricos de las probabilidades totales (210 ns valor experimental y 224 valor teórico). Una vez más, pone de manifiesto la cautela que hay que tener para pasar a valores absolutos las probabilidades de transición relativas.

II.2.11.- Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en niveles de la configuración $3p^5 7d$.

Se han medido las intensidades de catorce líneas procedentes de niveles $7d$ y cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 4870 y 5780 \AA . Por tanto, hemos utilizado el espectrómetro con el fotomultiplicador XP 2000. A partir de la medida de las intensidades hemos obtenido las probabilidades de transición relativas con errores de un 12%. Los valores resultantes se muestran en la tabla 25 donde se comparan con las existentes en la literatura (referencias [20], [49] y [50]) y con los cálculos teóricos realizados en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk puro. Hemos de señalar que los resultados obtenidos para las líneas de 5443.20 , 5035.77 y 4883.27 \AA son los primeros existentes en la literatura. Para el nivel $7d' |5/2|_3$ no se ha podido realizar comparación alguna pues en las referencias [20] y [49] se muestra únicamente el resultado obtenido para la línea de 5317.73 \AA .

Considerando los cálculos teóricos realizados en acoplamiento jk se han pasado los valores relativos de las probabilidades de transición a valores absolutos para los niveles $7d |7/2|_3$ y $7d |3/2|_2$. Los resultados obtenidos presentan errores estimados en un 40% y un 25% respectivamente.

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $7d |7/2|_3$ ($7d_4$)

Se han determinado las probabilidades de transición relativas para dos líneas que parten del nivel $7d_4$. Los resultados obtenidos, con un error de un 12%, se muestran en la tabla siguiente:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	\bar{A}_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^5 \text{s}^{-1}$
$4p 5/2 _3 - 7d 7/2 _3$	5210.49	17	20	0.73 ± 0.30	1.1
$4p 5/2 _2$	5252.79	100	100	4.3 ± 1.7	5.8

Tabla 25. PROBABILIDADES DE TRANSICION $7d \rightarrow 4p$

TRANSICION	Línea λ (Å)	PROBABILIDADES RELATIVAS				PROBABILIDADES ABSOLUTAS ($\times 10^5 s^{-1}$)				
		V. EXPERIMENTALES		(JK)	Nos.	V. EXPERIMENTALES		Nos.	R.20	R.50
		R.20	R.49			R.20	R.49			
$4p 5/2 _3 \rightarrow 7d 7/2 _3$ $4p 5/2 _2$	5210.49 5252.79	17 100	20 100	5 100	0.7 4.3	1.1 \pm 0.6 5.6 \pm 2.8	1.2 6.1	0.7 4.3	1.2 6.1	0.7 15
$4p 5/2 _3 \rightarrow 7d 5/2 _3$ $4p 3/2 _2$	5192.72 5410.47	14 100	6 100	29 100						
$4p 5/2 _2 \rightarrow 7d 5/2 _2$ $4p 3/2 _1$	5241.09 5373.50	37 100	50 100	49 100						
$4p 1/2 _1 \rightarrow 7d 3/2 _2$ $4p 3/2 _2$ $4p 3/2 _2$	4876.30 5443.20 5774.00	100 24 24	100 100 33	100 100 14	7.6 1.8 1.8	8.1 \pm 4.0 1.1 \pm 0.5	4.6 1.7	7.6 1.8 1.8	6.4 \pm 1.3 0.9 \pm 0.3	7.7 12
$4p 5/2 _2 \rightarrow 7d 3/2 _1$ $4p 1/2 _0$	5214.77 5637.29	100 57	100 43	2 44						
$4p 5/2 _2 \rightarrow 7d 5/2 _3$ $4p 3/2 _2$ $4p 3/2 _2$	4883.27 5035.77 5317.73	14 10 100								

En esta tabla se presenta además la media aritmética de los valores relativos de las probabilidades de transición dadas en las refs. [20] y [49], con respecto a ellas, las diferencias son inferiores a un 16%. Considerando los cálculos teóricos realizados en acoplamiento jk se ha pasado a valores absolutos las probabilidades de transición. Estos valores con un error estimado de un 40% se comparan con la media de los resultados experimentales dados en las mismas referencias. El valor asignado a la probabilidad de transición de la línea de 5252.79 \AA está de acuerdo con esta media dentro del margen de error experimental para la línea de 5210.49 \AA las diferencias son de un 50%.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $7d|5/2|_3$ ($7d'_1$)

Se han medido las intensidades de dos líneas que parten del nivel $7d'_1$. A partir de ellas se han determinado las probabilidades de transición con un error de un 12%. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	$\bar{A}_{\text{rel}}(jk)$
$4p 5/2 _3 - 7d 5/2 _3$	5192.72	14.5	29
$4p 3/2 _2$	5410.47	100	100

Existen, además, los resultados obtenidos por W.L.Wiese et al. [20] que dan para la línea de 5192.72 \AA un valor relativo de la probabilidad de 6. Los cálculos realizados en acoplamiento jk sobrevaloran la probabilidad de transición relativa asignada a la línea de 5192.72 \AA debido a que engloban en las transiciones permitidas la contribución de las prohibidas.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $7d|5/2|_2$ ($7d''_1$)

La medida de las intensidades de las líneas de 5241.09 y la 5373.50 \AA nos ha permitido determinar las probabilidades de

transición relativas con un error de un 12% .

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla en la que se comparan con los obtenidos en la ref. [49] (realmente basado en medidas espectrales anteriores [55]) que difieren de las nuestras en un 32% para la línea más débil.

Transición	$\lambda (\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{rel}} [49]$
$4p 5/2 _2 - 7d 5/2 _2$	5241.09	37	49
$4p 3/2 _1$	5373.50	100	100

Probabilidades de transición absolutas y relativas para líneas con origen en el nivel $7d|3/2|_2$ ($7d_3$)

Se han medido las intensidades de tres líneas que parten del nivel $7d_3$. A partir de estas medidas se han obtenido las probabilidades de transición relativas con un error estimado en un 12% . El resultado obtenido para la línea de 5443.20 \AA , es el primero existente en la literatura. Se han considerado los cálculos realizados en acoplamiento jk para estimar el valor de la probabilidad de transición de la línea más intensa y así poder pasar estos resultados a valores absolutos de las probabilidades de transición. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Transición	$\lambda (\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{abs}} \times 10^{5s^{-1}}$	$\bar{A}_{\text{abs}} \times 10^{5s^{-1}}$
$4p 1/2 _1 - 7d 3/2 _2$	4876.30	100	7.6	6.7
$4p 3/2 _2$	5443.20	24	1.8	-
$4p' 3/2 _2$	5774.00	24	1.8	1.36

Podemos observar que la media de valores absolutos de las probabilidades de transición esta de acuerdo con nuestros resultados dentro del margen de error experimental estimado en un 25% . Los valores relativos de las probabilidades de transición no se han comparado con un valor medio pues los resultados exis

tentes eran bastante discrepantes. Así de la ref. [49] se obtiene un valor relativo para la probabilidad de la transición $4p' | 3/2 |_2 - 7d | 3/2 |_2$ de 33, frente a un valor de 14 dado en la ref. [50] para la misma probabilidad de transición.

Hemos de señalar que para obtener la probabilidad de transición relativa de la línea de 5443.20 \AA hemos tenido que convolucionar la respuesta de esta línea con la de 5443.88 \AA de intensidad 2 veces mayor por lo que el ala de las líneas se mezclaba. El valor que se muestra en la tabla es el valor final una vez corregido.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $7d | 3/2 |_1$ ($7d_2$)

Se han determinado los valores relativos de las probabilidades de transición para dos líneas con origen en el nivel $7d | 3/2 |_1$. Los valores obtenidos presentan errores de un 12%.

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}	$A_{\text{rel}} [49]$	$A_{\text{rel}} (jk)$
$4p 5/2 _2 - 7d 3/2 _1$	5214.77	100	100	1.7
$4p 1/2 _0$	5637.29	57	43	100

En la tabla anterior se comparan nuestros resultados con los obtenidos de la ref. [49], las diferencias son inferiores a un 23%. Hemos de señalar que las líneas medidas son muy débiles con lo cual discrepancias de este orden son esperables.

Probabilidades de transición relativas para líneas con origen en el nivel $7d' | 5/2 |_3$ ($7s''_1$)

Se han medido las intensidades de tres líneas que tienen por nivel superior el nivel $7s''_1$. A partir de estas medidas se han obtenido las probabilidades de transición relativas con errores estimados en un 12%. Los valores dados para las líneas de

4883.28 y 5037.77 Å son los primeros existentes en la literatura. Estos resultados relativos no se han podido comparar con ningún resultado experimental anterior pues en las referencias [20] y [49] se dan valores únicamente para la transición más probable, igualmente los cálculos realizados en acoplamiento jk dan valores únicamente para la línea de 5317.73 Å. Los resultados aportados en este trabajo se muestran en la siguiente tabla:

Transición	$\lambda(\text{\AA})$	A_{rel}
$4p 5/2 _2 - 7d' 5/2 _3$	4888.27	14
$4p 3/2 _2$	5035.77	10
$4p' 3/2 _2$	5317.73	100

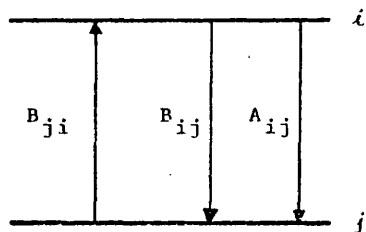
III.0.- MAGNITUDES FUNDAMENTALES

Los intercambios de energía entre un átomo y la radiación se caracterizan por fenómenos de absorción y emisión de fotones que corresponden a transiciones radiativas entre los diversos estados atómicos.

III.0.1 Coeficientes de Einstein

Son tres los procesos básicos que tienen lugar en la interacción de la radiación con la materia: absorción estimulada, emisión estimulada y emisión espontánea.

Si $\rho(\nu_{ij})$ es la densidad espectral de la radiación de frecuencia ν_{ij} tal que permite transiciones entre los estados atómicos i y j y B_{ji} , B_{ij} y A_{ij} son los coeficientes de Einstein para los tres procesos antes mencionados. El número



de emisiones por unidad de tiempo del nivel superior i al nivel inferior j será:

$$N_i A_{ij} + N_i B_{ij} \rho(\nu_{ij})$$

donde A_{ij} es la probabilidad de emisión espontánea por unidad

de tiempo y $B_{ij} \rho(\nu_{ij})$ la de emisión estimulada.

Análogamente, el número de absorciones por unidad de tiempo del nivel j al nivel i será:

$$N_j B_{ji} \rho(\nu_{ij})$$

donde $B_{ji} \rho(\nu_{ij})$ es la probabilidad de absorción por unidad de

tiempo. Los coeficientes de Einstein se definen independientes de la población del nivel y de la densidad de radiación. Para obtener la relación entre estos coeficientes se supone equilibrio termodinámico a la temperatura T , por tanto, la densidad de radiación deberá tener una distribución dada por la ley de Planck. De todo ello se deduce:

$$A_{ij} = \frac{8\pi h \nu_{ij}}{c^3} B_{ij} \quad (\text{III.1})$$

$$g_i B_{ij} = g_j B_{ji}$$

donde g_i y g_j son el grado de degeneración de los niveles i y j respectivamente. Si los niveles no están degenerados los coeficientes de Einstein de absorción y emisión estimulada son iguales.

Las relaciones (III.1) son válidas en todos los casos como se demuestra a partir de la Teoría Cuántica de Campos.

La relación entre las probabilidades de emisión estimulada y espontánea será:

$$\frac{B_{ij} \rho(\nu_{ij})}{A_{ij}} = \frac{c^3 \rho(\nu_{ij})}{8\pi h \nu_{ij}^3}$$

en equilibrio térmico la razón de las probabilidades de emisión es proporcional a $1/(e^{h\nu_{ij}/kT} - 1)$, luego a temperatura ambiente y para el espectro visible $e^{h\nu/kT} \approx e^{100}$, es decir, la radiación espontánea es mucho más probable que la estimulada en las condiciones anteriormente especificadas.

III.0.2.- Fuerza de Oscilador

El Principio de Correspondencia suministra el análogo cuántico de la teoría clásica de la radiación emitida por un dipolo: el coeficiente de emisión espontánea A_{ij} se expresa en función del momento dipolar eléctrico \vec{D} del átomo [19].

La Teoría Clásica de la Absorción permite introducir una nueva magnitud, la fuerza de oscilador de absorción, f_{ji} , que es el número de osciladores clásicos a los que equivale la absorción estimulada desde un nivel atómico dado a otro superior. Esta magnitud sin dimensiones se relaciona con los coeficientes de Einstein por:

$$f_{ji} = \frac{mh\nu}{\pi e^2} B_{ji} \quad (\text{III.2a})$$

usando (III.1):

$$f_{ji} = \frac{mc}{8\pi^2 e^2} \cdot \lambda_{ij}^2 \cdot \frac{g_i}{g_j} A_{ij} \quad (\text{III.2b})$$

La suma de las fuerzas de oscilador de un nivel a todos los demás es 1. Propiedad que tiene alguna utilidad para átomos hidrogenoideos, pero ninguna en los demás casos, pues hay que incluir transiciones al continuo y a niveles ya ocupados.

III.0.3.- Probabilidad de transición espontánea

En la situación de un átomo que está débilmente acoplado con un campo de radiación, la interacción se puede estudiar por teoría de perturbaciones dependientes del tiempo. Este problema se puede tratar por dos métodos: (1) los niveles atómicos cuantizados y campo de radiación clásico (método semiclásico) y (2) campo de radiación también considerado como sistema cuantizado (método de Dirac) [19], [55] y [56].

(1) El método semiclásico es adecuado para la emisión y absorción inducida o estimulada, pero no da cuenta de la emisión espontánea; sin embargo, como se obtiene B_{ij} a partir de (III.1) podemos obtener A_{ij} . Tiene la ventaja de que es más simple matemáticamente que el método de Dirac y llegan ambos a la misma expresión para B_{ij} :

$$B_{ij} = \frac{2\pi}{3} \frac{c}{h^2 \nu_{ij}^2} \left| \langle i | \frac{e}{mc} \vec{p} e^{i\vec{k}\vec{r}} | j \rangle \right|^2 \quad (\text{III.3})$$

(2) En la teoría de Dirac, el potencial vector \vec{A} se desarrolla en un conjunto completo de ondas planas monocromáticas. Un modo de vibración está caracterizado por el vector de propagación \vec{k} , la frecuencia de vibración ν y polarización de la onda ϵ_w ($w=1,2$). Para una transición entre los estados i y j definidos por las funciones de onda ψ_i y ψ_j , la probabilidad por unidad de tiempo y ángulo sólido de emisión espontánea de un fotón caracterizado por ϵ_w , \vec{k} , ν será:

$$W_{i \rightarrow j} d\Omega = \frac{e^2 \nu}{m^2 c^3 \hbar} |\langle \psi_j | (\vec{p} \cdot \vec{\epsilon}_w) e^{i\vec{k}\vec{r}} | \psi_i \rangle|^2 d\Omega$$

El campo electromagnético es el de una onda plana que para el espectro óptico tiene una longitud de onda mucho mayor que las dimensiones de los átomos; podemos aproximar $e^{i\vec{k}\vec{r}}$ a 1 lo que nos lleva a estudiar solamente las *transiciones dipolares eléctricas*.

El coeficiente de Einstein A_{ij} es la probabilidad de emisión por unidad de tiempo independiente de la polarización del fotón emitido y de la orientación de los niveles. Pasamos a la expresión final para A_{ij} integrando en ángulos y sumando en polarizaciones:

$$A_{ij} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \sum_w \frac{e^2 \hbar \nu}{m^2 c^3} |\langle \psi_j | \vec{\nabla} \cdot \vec{\epsilon}_w | \psi_i \rangle|^2 d\Omega \quad (\text{III.4})$$

En la expresión (III.4) el coeficiente de emisión espontánea se expresa en función del operador gradiente mientras que clásicamente se obtiene a partir de la longitud del dipolo. Sin embargo, si ψ_i y ψ_j son funciones propias del Hamiltoniano, las relaciones de conmutación nos dicen que las expresiones obtenidas en cada caso son equivalentes. En efecto:

$$[\vec{r}, H] = \frac{\hbar^2}{m} \vec{\nabla}$$

resulta pues en función del operador longitud del dipolo:

$$A_{ij} = \frac{64}{3} \frac{\pi^4 e^2 \nu^3}{\hbar c^3} |\langle \psi_j | \vec{r} | \psi_i \rangle|^2 \quad (\text{III.5})$$

En las expresiones (III.4) y (III.5) no se ha considerado la posible degeneración de los niveles estudiados. Si los niveles i y j se representan por los números cuánticos J, M y α , donde α representa los restantes números cuánticos que definen un estado determinado, tendremos:

$$\begin{aligned} |\psi_i\rangle &= |\alpha_i J_i M_i\rangle \quad \text{con degeneración } g_i = 2J_i + 1 \\ |\psi_j\rangle &= |\alpha_j J_j M_j\rangle \quad " \quad " \quad g_j = 2J_j + 1 \end{aligned}$$

En las ecuaciones anteriores habrá pues que sumar los posibles estados degenerados del nivel inferior, pero como además el elemento de matriz no depende de M_i para que la expresión resulte más simétrica podemos sumar en M_i y dividir por la degeneración g_i . La ecuación (III.5) toma la forma:

$$A_{ij} = \frac{64\pi^4 e^2 v^3}{3hc^3} \frac{1}{g_i} \sum_{M_i, M_j} |\langle \alpha_j J_j M_j | \vec{r} | \alpha_i J_i M_i \rangle|^2 \quad (\text{III.6})$$

III.0.4.- Fuerza de línea

Definimos la magnitud simétrica S_{ij} , llamada fuerza de línea, de la forma:

$$S_{ij} = \sum_{M_i, M_j} |\langle \alpha_j J_j M_j | \vec{D} | \alpha_i J_i M_i \rangle|^2 = |\langle \alpha_j J_j || \vec{D} || \alpha_i J_i \rangle|^2 \quad (\text{III.7})$$

donde $\vec{D} = e\vec{r}$

luego,

$$A_{ij} = \frac{64\pi^4 e^2}{3hc^3} v^3 \frac{1}{g_i} S_{ij} \quad (\text{III.8})$$

y sustituyendo las constantes por sus valores numéricos en unidades atómicas resulta,

$$A_{ij} = \frac{2.026 \times 10^{18}}{g_i \lambda_{ij}^3} S_{ij} \quad (\text{III.9})$$

En la aproximación del campo central S_{ij} puede expresarse-

se por un factor angular α y un factor radial ρ^2 :

$$S_{ij} = \alpha \rho^2 \quad (\text{III.10})$$

donde ρ^2 representa la fuerza de línea relativa de una transición y puede expresarse como producto de dos factores que dependen respectivamente del multiplete y de la línea. La parte radial ρ^2 depende sólo del electrón excitado [37], siendo:

$$\rho^2 = |\langle n_j l_j | \vec{r} | n_i l_i \rangle|^2 = 1 \int_0^\infty r P_{n_j l_j}(r) P_{n_i l_i}(r) dr^2 \quad (\text{III.11})$$

En la expresión (III.11) hemos denotado los niveles atómicos por los números cuánticos n y ℓ por estar en la aproximación del campo central.

Otros autores ([57] y [58]) suelen expresarlo en función de la cantidad σ^2 ,

$$\sigma^2 = \frac{1}{(4l_j^2 - 1)} \left| \int_0^\infty r P_{n_j l_j}(r) P_{n_i l_i}(r) dr \right|^2 \quad (\text{III.12})$$

donde l es el mayor de los dos números cuánticos orbitales implicados en la transición. De (III.11) y (III.12) resulta:

$$\rho^2 = \sigma^2 l_j (4l_j^2 - 1)$$

De la definición de ρ^2 (III.11) deducimos que es invariante en las transiciones entre niveles de dos configuraciones.

III.1.- FUERZAS DE LÍNEA PARA TRANSICIONES $(n+1)p \rightarrow (n+1)s$ DE LOS GASES NOBLES (np^6)

III.1.1.- Fuerzas de línea para transiciones $4p \rightarrow 4s$ del ArI

El conocimiento experimental de las probabilidades de transición para veinticuatro líneas $4p \rightarrow 4s$ del ArI nos ha llevado a obtener las fuerzas de línea correspondientes (III.9) y de ahí obtener σ_{exp}^2 .

Teniendo en cuenta la definición de ρ^2 y la regla de la suma de las filas J de Shortley [19] según la cual la suma de las fuerzas de línea de las distintas filas J en transiciones entre niveles de dos configuraciones ("transition array") es proporcional a $2J_i+1$, es decir,

$$\sum_j S_{ij} \propto 2J_i+1 \quad \text{y} \quad \sum_i S_{ij} \propto 2J_j+1$$

podemos hacer una comparación y ver si σ_{exp}^2 es constante para transiciones entre configuraciones. Hemos de considerar que la regla de la suma es sólo aproximada pues se basa en la suposición de un valor común de ρ^2 para todas las transiciones entre dos configuraciones, pero puede haber variaciones apreciables de ρ^2 si los efectos de la interacción de configuraciones son significativos.

En la tabla 26 se dan los valores de las fuerzas de línea para transiciones entre las configuraciones $3p^5 4p$ y $3p^5 4s$ del ArI. Se incluye además la suma de fuerzas de línea a todos los niveles inferiores. Hay que tener en cuenta que la columna que incluye σ_{exp}^2 nos da directamente la proporcionalidad entre $\sum_j S_{ij}$ y $2J_i+1$, ya que,

$$\sum_j S_{ij} = \frac{2J_i+1}{2l_i+1} \rho^2 \quad (\text{III.13})$$

y el miembro de la derecha de la ecuación (III.13) es igual a $(2J_i+1)\sigma^2$ para transiciones $np \rightarrow n's$. De la tabla 26 se deduce que la máxima discrepancia entre los valores experimentales de σ^2 es de un 28%. La media aritmética de los resultados obtenidos para σ_{exp}^2 es de 9.7u.a. que supera en un 6% a la media de los valores obtenidos en la aproximación de Coulomb σ_{Coul}^2 y es inferior en un 6% al valor obtenido con funciones de Hartree-Fock-Slater (σ_{HFS}^2) en la Ref.58. Se incluye además, en esta tabla el valor de S_{ij} para la transición $4s|1/2|_1 - 4p|5/2|_2$ obtenido a partir de los valores experimentales de

Tabla 26.- Fuerzas de Línea y Parte Radial de A_{ij} para Transiciones $4p \rightarrow 4s$ del AII.

$4s \mid 3/2 \mid 2$	$4s \mid 3/2 \mid 1$	$4s \mid 1/2 \mid 0$	$4s \mid 1/2 \mid 1$	$\sum_j S_{ij}$	$2J_i + 1$	$\sigma_{\text{Exp.}}^2$	$\sigma_{\text{Coul.}}^2$	σ_{HFS}^2
$4p \mid 1/2 \mid 1$				(27.1)	3	(9.0)	8.99	
$4p \mid 5/2 \mid 3$	59.6			59.6	7	10.12	8.99	
$4p \mid 5/2 \mid 2$	13.6	33.2	(3.7) ^a	47-51	5	9.4-10.3	8.99	
$4p \mid 3/2 \mid 1$	3.1	18.2	4.0	27.2	3	9.1	8.99	
$4p \mid 3/2 \mid 2$	24.7	9.1	21.7	55.5	5	11.1	8.99	
$4p \mid 1/2 \mid 0$		10.7	0.0	10.7	1	10.7	8.99	10.26
$4p \mid 3/2 \mid 1$	0.5	0.02	13.3	28.7	3	9.6	9.15	
$4p \mid 3/2 \mid 2$	4.1	9.3	37.9	51.3	5	10.3	9.15	
$4p \mid 1/2 \mid 1$	3.3	1.4	14.2	24.9	3	8.3	9.15	
$4p \mid 1/2 \mid 0$		0.05	9.4	9.5	1	9.5	9.15	

a. Dato tomado de la Ref.20

las probabilidades de transición dados en la ref.20, este valor de 3.7 u.a., que aparece en la tabla entre paréntesis, supone un aumento de un 7% en el valor de $\sum_{ij} S_{ij}$ y por tanto, en esta columna se da el intervalo en que se estima su valor comprendido entre nuestros valores experimentales para las otras líneas y el valor obtenido sumando a ellos el valor de la ref.20 con su cota máxima de error(25%). Para evaluar la contribución de las fuerzas de línea de las transiciones que parten del nivel $4p|1/2|_1$ a $S_T = \sum_{ij} S_{ij}$ hemos considerado la regla de la suma ya citada y le hemos dado un valor medio ponderado entre los valores existentes para niveles de igual J al considerado.

III.1.2.- Fuerzas de línea para transiciones $(n+1)p \rightarrow (n+1)s$ del Cripton ($n=4$) y del Xenon($n=5$)

Tomando los valores obtenidos en este Laboratorio para las probabilidades de transición $5p \rightarrow 5s$ del KrI (Dra. v.Fonseca [4]) se han deducido las fuerzas de línea correspondientes que se muestran en la tabla 27. Para los niveles $5p|1/2|_1$, $5p|3/2|_2$ y $5p|1/2|_0$ faltan los valores de algunas fuerzas de línea por no conocerse los valores experimentales de las correspondientes probabilidades de transición. Partiendo de los valores teóricos dados en acoplamiento intermedio por R.A.Lilly[30] para dichas probabilidades de transición se ha obtenido los valores de las fuerzas de línea que en la tabla 27 aparecen entre paréntesis, estos valores tienen una contribución a σ_{exp}^2 que es inferior a 0.21 u.a.(un 2% del valor medio). De la tabla 27 se deduce que la diferencia entre valores experimentales para σ^2 obtenidos para cada nivel es de un 17% y la diferencia entre valores experimentales de σ^2 y el valor teórico obtenido en aproximación de Coulomb y acoplamiento jK es de un 3%. Se han considerado los valores teóricos obtenidos a partir de la energía de cada nivel pues los valores obtenidos considerando energías medias de configuraciones parecían diverger más de los resultados experimentales [4].

Tabla 27.- Fuerzas de Línea y Parte Radial de A_{ij} para Transiciones $5p \rightarrow 5s$ del Krl.

	$5s 3/2 _2$	$5s 3/2 _1$	$5s 1/2 _0$	$5s 1/2 _1$	$\sum_j S_{ij}$	$2J_i+1$	$\sigma^2_{Exp.}$	$\sigma^2_{Coul.}$
$5p 1/2 _1$	22.6	5.4	(0.35) ^a	(0.29) ^a	27.9	3	9.3	9.7
$5p 5/2 _3$	63.5				63.5	7	9.1	9.3
$5p 5/2 _2$	14.3	33.7		0.18	48.2	5	9.6	9.6
$5p 3/2 _1$	3.9	23.2	(0.09) ^a	(0.16) ^a	27.1	3	9.0	9.6
$5p 3/2 _2$	37.8	15.8		(0.83) ^a	53.6	5	10.7	9.4
$5p 1/2 _0$		9.4		0.0	9.4	1	9.4	9.2
$5p 3/2 _1$	0.005	0.03	11.9	16.8	28.7	3	9.6	9.4
$5p 3/2 _2$	0.11	0.89		45.9	46.9	5	9.4	9.5
$5p 1/2 _1$	0.61	0.04	17.5	13.7	31.8	3	10.6	9.3
$5p 1/2 _0$		0.0025		10.1	10.1	1	10.1	9.2

a. Resultados tomados de la Ref. 30

En la tabla 28 se muestran las fuerzas de línea obtenidas para transiciones $6p \rightarrow 6s$ del Xe neutro. Como probabilidades de transición se han tomado los valores experimentales obtenidos por J.A.Cabrera que realizó su Tesis Doctoral [6] en este equipo experimental.

Los valores entre paréntesis representan las fuerzas de línea obtenidas a partir de los valores de las probabilidades de transición calculadas por M. Aymar [59]. Excepto para las transiciones que parten del nivel $6p|3/2|_2$ la contribución a de las transiciones no medidas es inferior a un 4%. Para el nivel $6p|3/2|_2$ la contribución de estas transiciones es de un 12%, por tanto, en las columnas de ΣS_{ij} y de σ^2 se da el intervalo en que se estima estará el verdadero valor, como límites de este intervalo se toma la suma experimental y el valor total tomando los cálculos de la ref.59 para estimar las transiciones no medidas. En este caso, los valores experimentales de σ^2 para cada nivel son tan discrepantes que no tiene sentido hablar de valores medios. El hecho de que σ^2 tenga valores tan diferentes se puede deber a que por ser un átomo muy pesado la mezcla de configuraciones debe ser importante. Por otra parte, comparando los valores de σ^2 obtenidos a partir de los cálculos realizados considerando la energía de cada nivel y los valores experimentales de σ^2 podemos ver que las diferencias pueden llegar a ser de un 58% (nivel $6p'|1/2|_0$).

III.1.3.- Comparación entre los distintos gases nobles

Además de los valores de las fuerzas de línea para las transiciones $(n+1)p \rightarrow (n+1)s$ del ArI ($n=3$), KrI ($n=4$) y XeI ($n=5$) se adjunta en la tabla 29 los valores obtenidos por la Dra.P. Martín [61] para S_{ij} de las transiciones análogas del NeI ($n=2$). En este caso los valores teóricos de σ^2 se han calculado considerando energías medias de los niveles. La máxima diferencia entre los valores de $\sigma^2_{exp.}$ es de un 32% (errores de las probabilidades de transición absolutas oscilan entre un 15 y un 20%).

Tabla 28.- Fuerzas de Línea y Parte Radial de A_{ij} para Transiciones 6p+6s del XeI.

	$6s 3/2 _2$	$6s 3/2 _1$	$6s 1/2 _0$	$6s 1/2 _1$	$\Sigma_j S_{ij}$	$2J_i+1$	$\sigma^2_{Exp.}$	$\sigma^2_{Coul.}$
$6p 1/2 _1$	29.7	2.1	(15) ^a					
$6p 5/2 _3$								
$6p 5/2 _2$	38.1	15.2		(0.006) ^a	53.2	5	10.6	10.9
$6p 3/2 _1$	1.5	35.3		(0.53) ^a	36.8	3	12.3	10.6
$6p 3/2 _2$	33.2	20.5	(0.53) ^a	(5.9) ^a	54-60	5	10.7-12	10.5
$6p 1/2 _0$		(0.41) ^a		10.4	10.4	1	10.4	10.3
$6d 3/2 _1$	0.06	0.37	7.5	11.2	19.1	3	6.5	10.0
$6d 3/2 _2$	0.16	0.50		37.5	38.2	5	7.6	10.0
$6d 1/2 _1$	0.44	0.005	10.8	10.1	21.3	3	7.1	9.6
$6d 1/2 _0$		0.18		5.16	5.3	1	5.3	9.6

a. Datos tomados de la Ref. 59

Tabla 29.- Fuerzas de Línea y Parte Radial de A_{ij} para transiciones $3p+3s$ del NeI.

	$3s 3/2 _2$	$3s 3/2 _1$	$3s 1/2 _0$	$3s 1/2 _1$	$\Sigma_j S_{ij}$	$2S_{i+1}$	$\sigma^2_{Exp.}$	$\sigma^2_{Coul.}$
$3p 1/2 _1$	13.7	6.0	1.7		21.4	3	7.1	6.8
$3p 5/2 _3$	44.2				44.2	7	6.3	6.8
$3p 5/2 _2$	10.3	18.3		2.8	30.4	5	6.1	6.8
$3p 3/2 _1$	2.8	13.5	5.1	1.3	22.7	3	7.6	6.8
$3p 3/2 _2$	15.3	2.6		14.6	32.5	5	6.5	6.8
$3p 1/2 _0$		5.2		0.0	5.2	1	5.2	6.8
$3p 3/2 _1$		0.3	10.1	10.6	21.0	3	7.0	6.6
$3p 3/2 _2$	5.6	9.1		15.2	29.9	5	6.0	6.6
$3p 1/2 _1$	3.4	1.9	4.6	8.6	18.5	3	6.2	6.6
$3p 1/2 _0$		0.0		6.7	6.7	1	6.7	6.6

Comparando los valores experimentales con los teóricos, la máxima discrepancia es de un 25%, el valor más bajo se obtiene para la suma de las transiciones que parten del nivel $3p|1/2|_0$ probablemente debido a considerar como nulo el valor de la probabilidad de la transición $3s'|1/2|_1 - 3p|1/2|_0$.

Comparando los valores de las cuatro tablas 26-29 podemos decir que para el tipo de transiciones estudiadas $(n+1)p \rightarrow (n+1)s$ se puede hablar de un σ^2 único para el NeI, ArI y KrI, lo que nos indica que la mezcla de configuraciones tiene una influencia pequeña; hecho que se podía esperar teniendo en cuenta que las energías de los niveles $(n+1)p$ están alejadas de los primeros f y, de la misma forma, las de los niveles $(n+1)s$ frente a las energías de los niveles nd para los tres casos (ver refs. 4 y 60), sin embargo, en el caso del XeI, no se puede hablar de un σ^2 único pues las discrepancias existentes no se pueden explicar a partir de los errores experimentales. A partir de las energías de los niveles se encuentra que los niveles nd tienen su energía más baja que los niveles $(n+1)p$ y no muy lejos de las energías de los niveles $(n+1)s$ con los que se mezclan. Es decir, que se podía esperar una fuerte proporción de mezcla de configuraciones que los valores de σ_{exp}^2 nos confirman. Luego los cálculos realizados despreciando la interacción de configuraciones no pueden dar valores fiables de σ^2 . Por otra parte, comparando NeI, ArI y Kr parece que el más divergente es el NeI (σ_{exp}^2 difieren en un 32%) comparativamente menos el ArI (σ_{exp}^2 difieren en un 28%) y el que presenta un σ^2 con diferencias menores a los errores experimentales estimados de las probabilidades de transición es el KrI, que, por otra parte, se presenta como el elemento para el cual los resultados experimentales se aproximan más a los cálculos realizados en aproximación de Coulomb.

III.2.- REGULARIDADES EN LAS FUERZAS DE OSCILADOR DEL CONJUNTO DE TRANSICIONES $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ DE LOS GASES NOBLES (np^6)

III.2.1.- Introducción: Regularidades basadas en el modelo de un solo electrón

Las transiciones estudiadas en espectrometría atómica provienen, en gran número de casos, del salto de un único electrón exterior de unos niveles a otros exteriores a un core espectroscópicamente inerte.

Para átomos complejos, como son los gases nobles, el salto de un electrón especificado por $nl \rightarrow n'l' (j \rightarrow j')$ da lugar a un gran número de transiciones (*transition array*), el valor de la fuerza de oscilador f equivalente a la de un solo electrón es realmente un valor de f medio promediado sobre el conjunto de transiciones. Las regularidades que se derivan del modelo de un solo electrón se refieren a este valor de f para el "transition array", f_T . Para conectar este f_T con el valor observado de f para cada línea, f_{ji} , hemos de tener en cuenta las siguientes relaciones:

$$\text{La intensidad de línea total: } S_T = \sum_{i,j} S_{ij} \quad (\text{III.14})$$

$$\text{y para } f_T \text{ resulta: } f_T = \frac{S_T}{S_{ij}} \cdot \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_T} \cdot \frac{g_j}{\sum_j g_j} f_{ji} \quad (\text{III.15})$$

donde λ_T representa la longitud de onda media para el conjunto de transiciones entre las dos configuraciones (*transition array*) y se obtiene a partir de las energías medias ponderadas de cada una de las configuraciones.

Supondremos que σ^2 es constante para el conjunto de transiciones, entonces la regla de la suma de Wigner-Kirkwood^[61] establece para transiciones $nl \rightarrow n'l+1$ que:

$$\sum_{n'} f_{n1, n'1+1} = 1/3(1+1)(21+3)(21+1)^{-1} \quad (\text{III.16})$$

donde la suma se extiende a todos los estados n' posibles incluido el continuo y los estados ya ocupados. Por tanto, en principio, no parece muy aplicable, pero si una transición domina la serie, su fuerza de oscilador vendrá dada aproximadamente por la regla de la suma. Tal situación se puede esperar cuando las funciones de onda de ℓ y $\ell+1$ se solapan y estén radialmente separadas del core. Esto ocurre, por ejemplo, para el grupo de transiciones $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ si los electrones del core tienen número cuántico principal n .

Si la regla anterior se cumple y (S_{ij}/S_T) y (λ_T/λ_{ij}) son aproximadamente iguales para átomos homólogos, lo que suele ocurrir siempre que el esquema de acoplamiento no cambie, se puede concluir que para dichos átomos las fuerzas de oscilador individuales serán aproximadamente las mismas para el grupo de transiciones dominantes en series espectrales análogas.

III.2.2.- Regularidades en fuerzas de oscilador análogas para gases nobles

Si queremos comparar las fuerzas de oscilador de transiciones $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ en gases nobles tendremos primero que comparar los valores de f_T y ver si estos cumplen la regla de la suma aproximadamente, que según la expresión (III.16) y para este caso será:

$$\sum_n f_{ns \rightarrow np} = 1 \quad (\text{III.17})$$

Por otra parte las transiciones que vamos a estudiar son las dominantes entre aquellas que parten de niveles $(n+1)s$, según se ha visto en la introducción, por tanto, si esto se verifica, cumplirán aproximadamente la ecuación (III.17).

Partiendo de la definición de f_T (III.15) y de las definiciones de S_{ij} (III.9) y de f_{ji} (III.2b) resulta:

$$f_T = 303.72 \frac{\sum_{i,j} S_{ij}}{\sum_j g_j \lambda_T} \quad (\text{III.18})$$

donde S_{ij} se expresa en unidades atómicas y λ en Å.

Veamos pues, los valores que toma f_T para las transiciones $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ del NeI ($n=2$), ArI ($n=3$), KrI ($n=4$) y XeI ($n=5$). Los resultados obtenidos para los distintos gases nobles se muestran en la siguiente tabla:

Gases Nobles	S_T (u.a.)	$\bar{\lambda}_T$ (Å)	$\sum_j g_j$	f_T	f_T (Ref.62)
NeI ($n=2$)	233.5	6440.20	12	0.92	0.85
ArI ($n=3$)	342.2	8160.65	12	1.06	1.05
KrI ($n=4$)	347.2	8203.76	12	1.07	
XeI ($n=5$)	370.4	8756.26	12	1.07	

Observe como se comprueba experimentalmente que el valor de f_T se aproxima a 1, tal y como se justificó anteriormente.

En la tabla anterior se incluyen para comparación los valores obtenidos en la ref.[62] para el NeI y el ArI. En los valores de W.L.Wiese y A.W.Weiss [62] aparece una discrepancia de un 25% que estos autores observan también al hacer comparaciones entre otras parejas de elementos del segundo y tercer periodo de la tabla de elementos químicos. Los valores de f_T presentados en este trabajo presentan diferencias de un 14% para el NeI y el ArI siendo los resultados obtenidos para ArI, KrI y XeI muy próximos entre sí. Como todos estos valores se mantienen muy próximos a uno (diferencias inferiores a un 9%) podemos esperar que las fuerzas de oscilador para cada una de las líneas individuales del grupo de transiciones $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ sean comparables siempre

que se cumpla que (S_{ij}/S_T) y (λ_T/λ_{ij}) sean aproximadamente iguales (ver III.15).

Hemos, pues, obtenido las fuerzas de oscilador a partir de las probabilidades de transición absolutas y las hemos comparado para aquellos casos en que se cumplen las condiciones anteriores. La notación usada en la tabla 30 es la de Racah pues niveles de igual notación Paschen para los distintos gases nobles corresponden a niveles diferentes en notación Racah y, por tanto, a distinto J total.

Para diez de las veintisiete líneas comparadas existe acuerdo entre los valores de las fuerzas de oscilador para los átomos homólogos: Ne, Ar y Kr. Para las restantes líneas, los resultados para las líneas más intensas ($f > 0.09$) de los gases de Ar y Kr presentan acuerdo dentro del error experimental excepto para la transición $(n+1)s|3/2|_2 - (n+1)p|3/2|_2$ para la que aparecen diferencias de un 41%. Para esta transición los valores de las fuerzas de oscilador obtenidas para el ArI y el NeI están en buen acuerdo dentro del margen de error experimental; sin embargo, para las transiciones intensas las mayores discrepancias entre los valores obtenidos para estos átomos aparecen para las fuerzas de oscilador de las transiciones $(n+1)s|1/2|_1 - (n+1)p|5/2|_2$ (de un 33%), $(n+1)s'|1/2|_0 - (n+1)p|3/2|_1$ (de un 52%) y $(n+1)s'|1/2|_1 - (n+1)p'|3/2|_2$ (de un 66%).

Como era de esperar, las mayores discrepancias aparecen al comparar con el gas noble Xenon para el cual, como ya se ha visto, no se puede hablar de un σ^2 único del grupo de transiciones, por tanto, la teoría antes expuesta no es aplicable.

Podemos concluir de lo aquí expuesto que para gases nobles no se puede hablar de una regularidad en fuerzas de oscilador para todas las líneas análogas. Sin embargo, además de observarse que los valores de f_T son prácticamente iguales para los

Tabla 30.- Fuerzas de Oscilador para Transiciones Análogas en Gases Nobles.

TRANSICION	FUERZAS DE OSCILADOR			
	Ne (3s→3p)	Ar (4s→4p)	Kr (5s→5p)	Xe (6s→6p)
$s 3/2 _2 - p 5/2 _3$	0.42 ±15%	0.45 ±6%	0.48 ±15%	
$s 3/2 _2 - p 5/2 _2$	0.099±20%	0.103±15%	0.107±11%	0.233±13%
$s 3/2 _1$	0.285±20%	0.399±15%	0.389±11%	0.170±12%
$s 1/2 _1$	0.04 ±20%			
$s 3/2 _2 - p 3/2 _1$	0.028±15%	0.025±20%	0.031±22%	0.011±41%
$s 3/2 _1$	0.213±15%	0.227±17%	0.283±21%	0.390±11%
$s 1/2 _0$	0.235±15%	0.138±17%		
$s 1/2 _1$	0.019±20%	0.021±25%		
$s 3/2 _2 - p 3/2 _2$	0.152±15%	0.197±15%	0.300±13%	0.245±21%
$s 3/2 _1$	0.042±15%	0.115±15%	0.198±13%	0.232±17%
$s 1/2 _1$	0.212±15%	0.238±25%		
$s 3/2 _1 - p 1/2 _0$	0.086±9%	0.145±10%	0.126±15%	0.127±3%
$s 3/2 _2 - p 3/2 _1$		0.004±12%		0.0008±25%
$s 3/2 _1$	0.005±50%	0.0003±11%	0.0005±22%	0.008±33%
$s 1/2 _0$	0.489±15%	0.507±17%	0.462±13%	0.278±11%
$s 1/2 _1$	0.160±15%	0.177±18%	0.200±16%	0.127±20%
$s 3/2 _2 - p 3/2 _2$	0.057±15%	0.035±15%	0.001±14%	0.002±43%
$s 3/2 _1$	0.151±15%	0.128±15%	0.015±17%	0.011±37%
$s 1/2 _1$	0.231±15%	0.456±15%	0.560±15%	0.454±31%
$s 3/2 _2 - p 1/2 _1$	0.035±15%	0.029±15%	0.008±18%	0.006±30%
$s 3/2 _1$	0.032±15%	0.020±16%	0.0008±20%	0.0001±33%
$s 1/2 _0$	0.224±15%	0.274±15%	0.277±16%	0.431±24%
$s 1/2 _1$	0.131±15%	0.174±16%	0.161±19%	0.124±25%
$s 3/2 _1 - p 1/2 _0$		0.0008±19%	<0.00005	0.003±11%
$s 1/2 _1$	0.116±5%	0.127±11%	0.133±13%	0.066±9%

distintos gases nobles. Se deduce de esta tabla que los valores de $\sum f_{ji}$ para cada nivel superior difieren en menos de un 29% para los gases nobles estudiados.

A la pregunta implícita en toda la sección de en qué casos estas regularidades nos permiten estimar fuerzas de oscilador desconocidas podemos afirmar que será posible en aquellos casos en que se conozcan todas las demás transiciones que parten de un nivel. Así, por ejemplo, se desconoce experimentalmente la fuerza de oscilador de la transición $5s' | 1/2 |_1 \rightarrow 5p | 3/2 |_2$ del KrI; la transición análoga y las restantes que parten del nivel $(n+1)p | 3/2 |_2$ se conocen para el ArI y el NeI, resultando $\sum f_{ji} = 0.406$ para el NeI y $\sum f_{ji} = 0.550$ para el ArI, para las transiciones medidas del KrI resulta $\sum f_{ji} = 0.498$. Comparativamente (tabla 30) los valores de $\sum f_{ji}$ son mayores para el ArI que para el KrI en un factor que varía de un 8 a un 11%. Tomando como referencia el valor obtenido para el ArI corregido en un factor 8%, resulta $\sum f_{ji} = 0.506$. El valor estimado de la fuerza de oscilador para la transición mencionada es, por tanto, de $0.0060 \pm 25\%$. Para esta transición, cálculos realizados en IC[30] dan un valor de la probabilidad de transición de $0.13 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ de la que se obtiene un valor para f de 0.0061 que concuerda admirablemente con el valor estimado dentro del margen de error experimental.

III.3.- REGULARIDADES EN FUERZAS DE OSCILADOR DE ÁTOMOS ISO-ELECTRÓNICOS: APLICADO A LOS ÁTOMOS DE ARGÓN NEUTRO (ArI), POTASIO IONIZADO (KII) Y CALCIO DOS VECES IONIZADO (CaIII)

III.3.1.- Introducción

Entre las diversas regularidades que se pueden estudiar, las variaciones sistemáticas en los valores de las fuerzas de

oscilador para secuencias isoelectrónicas son de la mayor importancia porque permiten obtener valores de f para átomos muy ionizados que son de gran interés en Física del Plasma y así como en Física Espacial y Astrofísica.

En los años veinte se sabía que para iones hidrogenoides de carga nuclear Z , la probabilidad de transición varía de la forma $\Lambda_Z = Z^4 \Lambda_H$, donde Λ_H es el valor para la transición correspondiente en el hidrógeno; mientras que no hay cambio en el valor de f : $f_Z = f_H$. Sin embargo, los primeros intentos teóricos de explorar regularidades en secuencias isoelectrónicas de sistemas multielectrónicos para la determinación de valores de fuerzas de oscilador se han realizado en los años sesenta debido al desarrollo del método de expansión de la carga nuclear [63]. En este método se introduce Z como una variable en el hamiltoniano, resultando:

$$(H_0 + Z^{-1}V)\phi = \epsilon\phi \quad (\text{III.19})$$

donde $\epsilon = EZ^{-2}$, y H_0 es suma de hamiltonianos de forma hidrogenoidea. Es decir:

$$H_0 = - \sum_{\mu} \left(\frac{1}{2} \Delta_{\mu} + \rho^{-1} \right)$$

$$\rho = Zr$$

Con el hamiltoniano en la forma (III.19) se puede aplicar teoría de perturbaciones con Z como parámetro de expansión y la repulsión electrostática, V , como perturbación. Resulta así para la fuerza de oscilador:

$$f = f_0 + f_1 Z^{-1} + f_2 Z^{-2} + \dots \quad (\text{III.20})$$

donde,
$$f_0 \Big|_{ji} = \frac{2}{3} (\epsilon_{oj} - \epsilon_{oi}) g^{-1} |\langle \phi_{oi} | \vec{p} | \phi_{oj} \rangle|^2$$

análogamente para f_1, f_2, \dots [63].

III.3.2.- Comparación de las fuerzas de oscilador para transiciones $4s \rightarrow 4p$ en los átomos isoelectrónicos: ArI, KII y CaIII

La expresión (III.20) para transiciones $n \rightarrow n$ será:

$$f = f_1 Z^{-1} + f_2 Z^{-2} + \dots$$

pues $\epsilon_{0i} = \epsilon_{0j}$

En el caso del ArI la carga nuclear es 18, en el KII 19 y en el CaIII 20; por tanto, es de esperar que sus fuerzas de oscilador sean muy próximas. Para comprobarlo, hemos comparado en la tabla 31 los valores experimentales de las fuerzas de oscilador obtenidos en este trabajo para el átomo de Ar y los valores calculados a partir de las probabilidades dadas en IC por M. Aymar[59] para las transiciones $4s \rightarrow 4p$ del KII y CaIII. En la tabla 31 se muestran, además, las longitudes de onda de las transiciones y las probabilidades de transición experimentales y teóricas calculadas en la aproximación de la longitud del dipolo.

En general, los valores obtenidos para el CaIII están más próximos a los experimentales del ArI que los valores del KII. Así para el CaIII las fuerzas de oscilador de trece de las veintitres líneas comparadas concuerdan con los valores obtenidos para el ArI dentro del margen de error experimental mientras que para el KII sólo concuerdan con los valores del ArI para diez de las fuerzas de oscilador comparadas. Para las fuerzas de oscilador mayores ($f > 0,01$), los valores obtenidos para el KII son generalmente inferiores a los obtenidos para el ArI, presentando diferencias que van del 16 al 54% excepto para las transiciones $4s|3/2|_2 - 4p|3/2|_2$ y $4s|3/2|_1 - 4p|1/2|_0$. Sin embargo, el acuerdo entre las fuerzas de oscilador del ArI y CaIII para estas transiciones es bueno dentro del margen de error ex-

Tabla 31.- FUERZAS DE OSCILADOR PARA TRANSICIONES SPIN EN LOS ATOMOS ISOLACIONADOS: Ar^+ , Mg^+ Y Ca^{++} .

TRANSICION	LONGITUDES DE ONDA (Å)				PROBABILIDADES ABSOLUTAS $\times 10^{-6} \text{s}^{-1}$				FUERZAS DE OSCILADOR			
	Ar I	K II	Ca III	Ca III	Ar I	K II	Ca III	Ca III	Ar I	K II	Ca III	Ca III
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8115.31	4166.20	2070.70		32.212.1	125	232		0.402	0.03	0.10	0.442
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 5/2^2_2$	8014.79	4134.72	2869.95		10.721.6	42.8	102		0.102	0.015	0.110	0.123
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8424.65	4263.40	2786.61		22.513.4	62.7	172		0.399	0.06	0.265	0.342
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	9784.5	4466.65	3367.81			2.45	3.79				0.015	0.011
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	7723.76	3995.10	2771.27		4.610.9	14.5	34.8		0.025	0.005	0.021	0.024
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8103.69	4114.99	2881.80		23.724.0	62.6	199		0.227	0.039	0.159	0.223
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	8467.94	4466.65	3028.66		4.110.7	17.1	50.2		0.110	0.023	0.152	0.244
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	9254.22	4745.22	3233.02		1.610.4	0.13	0.046		0.021	0.005	0.0005	0.00237
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 3/2^2_2$	7635.11	3807.92	2687.78		22.513.5	68.4	174		0.107	0.029	0.157	0.182
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8606.16	4012.10	2791.63		7.221.1	5.37	49.5		0.115	0.077	0.022	0.156
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	9224.50	4608.45	3119.66		11.223.4	37.5	88.8		0.238	0.060	0.159	0.214
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	7514.65	3767.36	2620.02		51.315	75.4	363		0.145	0.015	0.053	0.125
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	7147.04	3739.13	2590.34		0.910.11	6.6	21		0.004	0.005	0.000	0.011
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	7471.17	3944.02	2606.73		0.0310.004	1.48	26.8		0.00310.000		0.0033	0.029
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	7948.17	4149.19	2813.88		17.923.0	55.2	128		0.507	0.086	0.425	0.426
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8221.45	4398.16	2900.30		16.312.8	55.4	120		0.177	0.032	0.160	0.171
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 3/2^2_2$	7067.22	3681.54	2541.49		4.750.7	26.6	83.2		0.035	0.005	0.054	0.08
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	7381.98	3783.19	2634.17		9.421.4	25.9	80.6		0.128	0.019	0.093	0.124
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	8408.21	4309.10	2924.33		25.014.0	80.5	172		0.456	0.068	0.374	0.367
$4s^2 3/2^2_2 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	6651.43	3618.49	2477.67		6.621.0	24.3	75.6		0.020	0.0004	0.029	0.042
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	7772.93	3716.60	2597.09		2.510.4	4.55	13.0		0.020	0.003	0.010	0.013
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	7124.21	4001.24	2704.87		10.231.5	48.1	110		0.272	0.041	0.346	0.362
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 3/2^2_1$	8264.52	4222.97	2866.57		17.023.5	70.8	151		0.172	0.028	0.189	0.186
$4s^2 3/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	6677.25	3169.80	(2126.65)		0.410.07	8.56	63.5		0.006	0.00015	0.0345	0.014
$4s^2 1/2^2_1 \rightarrow 4p^2 1/2^2_1$	7503.87	3510.75	(3312.63)		45.125.0	227	529		0.127	0.014	0.147	0.153

perimental. Habrá, pues que pensar en algún problema de cálculo más que en una diferencia significativa a la hora de encontrar una falta de regularidad en los valores de las fuerzas de oscilador. Las longitudes de onda que aparecen en esta tabla son las dadas en la ref. [17]; excepto para aquellos valores que se muestran entre paréntesis que se han tomado directamente de la ref. [59] y se han corregido para el aire.

Podemos concluir diciendo que para los casos estudiados las regularidades en átomos isoelectrónicos son más patentes que para transiciones análogas en átomos homólogos.

III.4.- COMPARACION DE LAS VIDAS MEDIAS PARA NIVELES ANALOGOS EN GASES NOBLES

Considerando los trabajos realizados por este grupo sobre los gases nobles, no he querido terminar este capítulo de comparaciones sin incluir una comparación de los valores de las vidas medias para configuraciones análogas en gases nobles.

Tomando los valores de las vidas medias obtenidos para el NeI [60], el KrI [4] y el XeI [6] junto con los valores presentados en este trabajo para el ArI se ha confeccionado una tabla para los niveles de los que existen más datos propios; esto es, para niveles de las configuraciones $np^5(n+1)p$, $np^5(n+2)p$ y $np^5(n+2)d$.

En la tabla 32, se muestran los resultados obtenidos para estos niveles. Se puede ver que para los niveles $np^5(n+1)p$ los valores de las vidas medias aumentan a medida que los átomos se hacen más pesados, aumenta con Z. En general, el aumento o disminución de la vida media al pasar de un nivel a otro se realiza en la misma dirección (ver fig. 75). Para niveles de las configuraciones $np^5(n+2)p$ y $np^5(n+2)d$ más excitados,

	$(n+1)p 1/2 _1$	$(n+1)p 5/2 _3$	$(n+1)p 5/2 _2$	$(n+1)p 3/2 _2$	$(n+1)p 3/2 _1$	$(n+1)p 1/2 _0$	$(n+1)p 3/2 _1$	$(n+1)p 3/2 _2$	$(n+1)p 1/2 _1$	$(n+1)p 1/2 _0$
$N_0(n=2)$	25±4	20.5±3.0	21.5±3.0	20.5±2.0	21.5±2.0	20.9±2.5	19.9±2.5	19.9±2.5	19.9±2.5	19.9±2.5
$N_1(n=3)$		31±2	29±2	24.5±1.0	30±2	19.5±1.0	28.5±1.5	25±2	27.5±1.5	22.5±1.5
$N_2(n=4)$		31±3	32.1±1.5	21.5±2.0	32±6	22.8±2.0	29.5±1.0	28.5±2.0	23.5±3.0	22.1±2.0
$N_3(n=5)$				28±2	32.5±3.0	27±2	38.4±2.5	28.4±1.5	29±2	26±3

	$(n+2)p 1/2 _1$	$(n+2)p 5/2 _3$	$(n+2)p 5/2 _2$	$(n+2)p 3/2 _2$	$(n+2)p 3/2 _1$	$(n+2)p 1/2 _0$	$(n+2)p 3/2 _1$	$(n+2)p 3/2 _2$	$(n+2)p 1/2 _1$	$(n+2)p 1/2 _0$
$N_0(n=2)$		175±12			95±7		154±10			61.5±2.5
$N_1(n=3)$	170±14	154±12	168±14	176±10	172±15	91.5±5.5	175±13	181±8	170±15	81±6
$N_2(n=4)$	170±15		186±4	118±3	145±7	72±3	129±2	129±3	130±15	93±4
$N_3(n=5)$	120±15	119±11	116±12	108±3	91±7	67±3				

Tabla 32.- VIDAS MEDIAS EN NANOSSEGUNDOS.

	$(n+2)d 1/2 _0$	$(n+2)d 7/2 _4$	$(n+2)d 7/2 _3$	$(n+2)d 5/2 _3$	$(n+2)d 5/2 _2$	$(n+2)d 3/2 _2$	$(n+2)d 5/2 _2$	$(n+2)d 5/2 _3$	$(n+2)d 3/2 _2$
$N_0(n=2)$		59±6		58±3					
$N_1(n=3)$	116±8	255±10	320±13	475±5	330±30	205±5	227±9	247±7	134±4
$N_2(n=4)$	109±3	140±5	200±10	380±30	262±10	134±10			
$N_3(n=5)$		90±7	118±10	113±10	115±12				

se observa, en la mayoría de los casos un descenso en el valor de la vida media del ArI al XeI. La variación relativa de cada elemento al pasar de un nivel a otro de la misma configuración se ilustra en la fig. 75 para los niveles del $np^5(n+2)d$. En esta figura no se han incluido los valores del NeI por ser sólo dos.

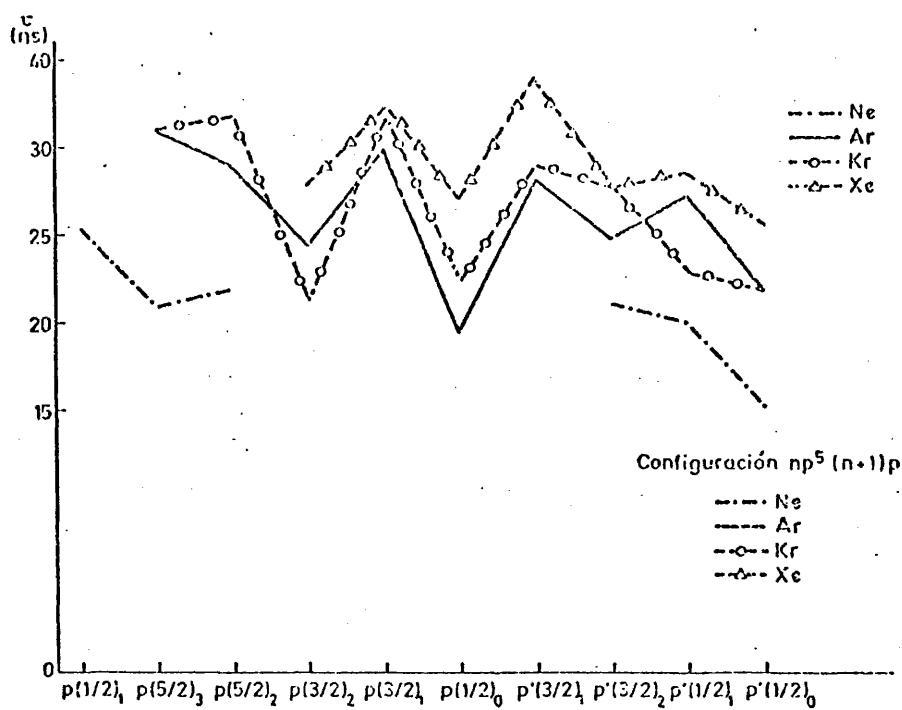
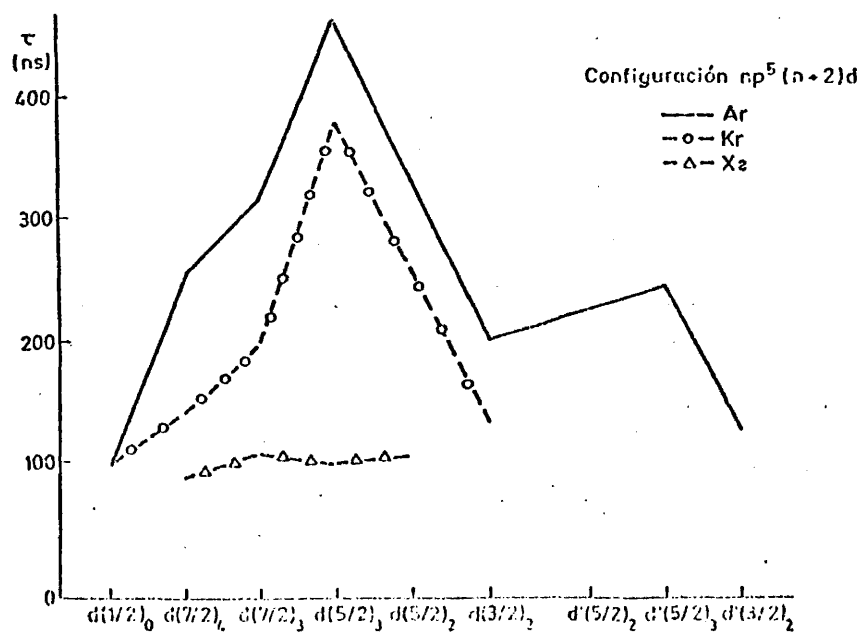


FIG. 75. COMPARACION DE VIDAS MEDIAS



IV.- CALCULOS TEORICOS DE LAS PROBABILIDADES DE TRANSICION

IV.1.- APROXIMACION DEL CAMPO CENTRAL

Para el cálculo de las probabilidades de transición entre dos estados $(i \rightarrow j)$, ecuaciones (III.7) y (III.9), se necesita conocer las funciones de onda de estos estados. En principio, estas funciones de onda son las soluciones de la ecuación de Schrodinger que para átomos multielectrónicos se puede resolver sólo aproximadamente. En la práctica, las funciones de onda se hallan a partir del modelo atómico basado en la aproximación del campo central (capítulo II (40), capítulo IV (37), capítulo II (64) y capítulo II (65). En esta aproximación se supone que cada electrón se mueve en un campo central resultante del efecto de atracción del núcleo y de repulsión de los otros electrones.

La energía de los electrones en el campo central depende de dos números cuánticos: n y l . La especificación de estos números cuánticos para todos los electrones del átomo define una configuración. En nuestros cálculos usamos la aproximación de una configuración en la que se supone que cada nivel atómico pertenece a una sola configuración.

IV.2.- CALCULO DE LA PARTE ANGULAR: ACOPLAMIENTO jk

Cualquier configuración con un ión padre complejo y un único electrón excitado es similar a una configuración con dos electrones. En una configuración con dos electrones se deben acopliar cuatro momentos (L_1 , S_1 del ión padre y l , s del electrón óptico) que dan lugar a cuatro tipo de acoplamientos puntos LS , jk , jj y Lk cuyo estudio detallado puede verse en las

referencias [14], [19] y [66]. Cálculos más exactos resultan de considerar un acoplamiento intermedio, [14] y [15], combinación lineal de todos los estados en LS con igual J total

Como ya se discutió en la sección I.2.1, el tipo de acoplamiento puro más idóneo para describir los gases nobles y los átomos isoelectrónicos con ellos es el acoplamiento jk cuyo esquema es:

$$|(l_1, s_1) J_c, l| k, s | J$$

Obteniéndose para la probabilidad de transición la expresión:

$$A_{ij} = \frac{2.026 \times 10^{18}}{\lambda^3} (2K_i + 1)(2K_j + 1) \left\{ \begin{matrix} k_i & J_i & s \\ J_j & k_j & 1 \end{matrix} \right\}^2 \left\{ \begin{matrix} l_i & k_i & J_c \\ k_j & l_j & 1 \end{matrix} \right\}^2$$

$$\cdot 1 > \left| \int_0^\infty P_{n_j l_j}(r) P_{n_i l_i}(r) r dr \right|^2 \quad (\text{IV.1})$$

de la propiedad triangular de los símbolos 6j [14] resultan las reglas de selección:

$$\begin{aligned} \Delta l &= \pm 1 \\ \Delta J_c &= 0 \\ \Delta K &= 0, \pm 1 \quad 0 \neq 0 \\ \Delta J &= 0, \pm 1 \quad 0 \neq 0 \end{aligned}$$

Este acoplamiento es tanto más real cuánto mayor es el momento orbital del electrón óptico.

IV.3.- CALCULO DE LA PARTE RADIAL: APROXIMACION DE COULOMB

Hemos visto que el cálculo de la probabilidad de transición resulta del producto de una parte angular que depende del esquema de acoplamiento elegido y de una parte radial para la que es necesario conocer las funciones de ondas radiales $P_{nl}(r)$.

En la mayoría de los métodos existentes para obtener las funciones de onda radiales se requieren cálculos complejos para cada caso particular como ocurre para las ecuaciones de Hartree-Fock e incluso para el caso simplificado de las ecuaciones de Hartree-Fock-Slater, excepción hecha de la aproximación de Coulomb, basada en la utilización de funciones hidrogenoideas. Se trata de un método semiempírico desarrollado por D.R.Bates y A.Dangaard [58] y basado en que la contribución principal a la integral radial proceda de los valores de las funciones de onda para grandes r y para tales valores se podrá despreciar la desviación del potencial atómico de su forma asintótica coulombiana.

En esta situación, la ec. de Schrödinger para la parte radial de la función de onda:

$$\frac{d^2 P_{n1}}{dr^2} + \left(2V + \frac{1(1+1)}{r^2} - \epsilon \right) P_{n1} = 0 \quad (\text{IV.2})$$

se transforma en la ecuación aproximada:

$$\frac{d^2 P_{n1}}{dr^2} + \left(\frac{2C}{r} + \frac{C^2}{n^{*2}} - \frac{1(1+1)}{r^2} \right) P_{n1} = 0 \quad (\text{IV.3})$$

Ambas ecuaciones aparecen expresadas en unidades atómicas siendo V el potencial del sistema, ϵ (en Rydbergs) un parámetro que nos da la energía necesaria para arrancar el electrón $n1$. En la ecuación (IV.3), C representa el exceso de carga sobre el núcleo cuando se ha arrancado el electrón óptico y es, por tanto, 1 para el átomo neutro. Se denomina a n^* número cuántico principal efectivo y se calcula a partir de las energías experimentales por medio de la fórmula:

$$n^* = C / \sqrt{\epsilon_n} \quad (\text{IV.4})$$

siendo ϵ_n la diferencia entre la energía de ionización y una energía ϵ que se elige según los dos criterios siguientes.

- 1) Energía experimental del nivel según las tablas de C.E.Moore [12] confirmada por los valores de S.Bashkin y J.O.Stoner Jr .

[13].

- 2) Energía media ponderada de los niveles de la configuración con el mismo ión padre, es decir,

$$E = \frac{\sum_i E_i (2J_i + 1)}{\sum_i (2J_i + 1)} \quad (\text{IV.5})$$

Mediante la función hipergeométrica confluyente de Whittaker D. R. Bates y A. Damgaard [58] resolvieron la ecuación (IV.3) elaborando unas tablas que permiten calcular la parte radial, ρ^2 , de la probabilidad de transición a partir de σ^2 (III.12).

El manejo de las tablas resulta tedioso ya que hay que interpolar para los casos que no aparecen en dichas tablas [58]. En los cálculos que presentaremos a continuación se ha utilizado un programa en fortran IV [43] en el que se obtiene ρ^2 utilizando la aproximación de Coulomb y acoplamiento jk para calcular la parte angular de la probabilidad de transición. El programa permite obtener valores que están fuera del rango de las tablas por ejemplo se ha extrapolado a valores $n_{1>}^* > l + 1/2$, extrapolación justificada con tal que n_{1-1}^* no sea demasiado pequeño (es decir, para $(n_{1-1}^* - n_1^*)$ positivo).

Los resultados más fiables se obtienen en el caso en que los números cuánticos principales del electrón óptico sean mayores que los números cuánticos principales de la última capa del core ya que en estos casos no hay excesiva cancelación de las partes positivas y negativas de la integral radial. Por ser un método semiempírico no se puede aplicar en aquellos casos en que no se conozcan los valores experimentales de las energías de los niveles.

Al no existir una teoría precisa, el límite de aplicabilidad de la aproximación de Coulomb y la precisión que da la misma

solo pueden encontrarse comparando los resultados calculados mediante dicha aproximación, con datos similares obtenidas por otros métodos. Especialmente importante es la comparación con datos encontrados experimentalmente.

IV.4.- CALCULOS DE VIDAS MEDIAS DE NIVELES EXCITADOS DEL Ar I .

Se han realizado cálculos para determinar el valor de la vida de niveles excitados del Ar I a través del programa en FORTRAN IV antes mencionado que utiliza aproximación de Coulomb en el cálculo de la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento j_k para su parte angular se han seguido los dos criterios indicados anteriormente (IV.3) para elegir el parámetro de energía. Así se ha calculado las vidas medias de todos los niveles inferiores a los niveles de la configuración $3p^5 9s$ ($E \leq 124700 \text{ cm}^{-1}$, $E_{\text{ion}} = 127587 \text{ cm}^{-1}$). En total se ha determinado la vida media de doscientos dieciseis niveles; para cincuenta de ellos se ha obtenido el valor experimental por medida directa de la vida media y para otros quince niveles se ha determinado aproximadamente su valor como la cascada probable en el análisis de las curvas de desexcitación experimental. En las tablas 33 y 34 se comparan los valores experimentales (denotamos con un asterisco los que se han determinado indirectamente) de las vidas medias con los valores teóricos obtenidos tomando como parámetro de energía, la energía experimental del nivel (1) o bien la media ponderada de las energías de los niveles que integran la configuración y proceden del mismo término padre (2).

En la tabla 33 se muestran los resultados obtenidos para los niveles pertenecientes a las configuraciones $3p^5 ns$ ($n = 6, 7, 8$ y 9) y $3p^5 np$ ($n = 4, 5$ y 6). En ella se puede ver que los resultados teóricos obtenidos por niveles ns utilizando los criterios (1) y (2) son muy próximos y están en buen acuerdo con los resultados experimentales siendo las diferencias inferiores a un 21%, excepto para el nivel $9s|3/2|_2$

En las Tablas 33 y 34 se presentan los resultados obtenidos en este trabajo, tanto los experimentales como los teóricos. Se denota con (*) los valores obtenidos por análisis de las cascadas y con el superíndice "a" los valores en atrape resonante total.

NIVEL	λ (Å)	VIDA MEDIA EXP.	VALORES TEORICOS	
			Crit.1	Crit.2
5s' (1/2) ₀	12933	61±7*	50.0	49.0
5s' (1/2) ₁	15989	53±7*	57.0 ^a	124.3 ^a
6s (3/2) ₂	7030	75±8	91.9	87.2
6s' (1/2) ₀	37911	75±15*	94.8	93.4
6s' (1/2) ₁	37004		89.0 ^a	88.2 ^a
7s (3/2) ₂	5452	171±9	168.6	162.3
8s (3/2) ₂	5421	256±10	285.5	270.1
9s (3/2) ₂	5394	301±16	451.3	444.0

Tabla 33. (Cont.).

NIVEL	λ (Å)	VIDA MEDIA EXP.	VALORES TEORICOS	
			Crit.1	Crit.2
4p(5/2) ₃	8115	31±2	29.7	29.4
4p(5/2) ₂	{ 8015 8424	29±2	31.7	32.3
4p(3/2) ₁	8104	30±2	28.3	28.5
4p(3/2) ₂	{ 8006 7635	24.5±1.5	25.4	24.8
4p(1/2) ₀	7115	20±2	23.7	23.3
4p'(3/2) ₁	{ 7948 8521	28.5±1.5	29.5	28.9
4p'(3/2) ₂	{ 7384 8408	25±1	31.6	32.1
4p'(1/2) ₁	{ 6965 7273 8264	27.5±1.5	28.6	28.3
4p'(1/2) ₀	7504	22.0±1.5	23.5	22.8
5p(1/2) ₁	4702	170±15	165.8	116.7
5p(5/2) ₃	4200	154±12	121.5	114.9
5p(5/2) ₂	{ 4628 4300	168±14	129.4	128.5
5p(3/2) ₁	4272	172±15	109.7	118.4
5p(3/2) ₂	{ 4266 4159	176±10	91.7	100.5
5p(1/2) ₀	{ 4511 4198	95.5±5.5	72.7	84.0
5p'(3/2) ₂	{ 4044 4334	181±8	127.2	115.6
5p'(3/2) ₁	4345	175±13	122.9	135.1
5p'(1/2) ₁	4182	170±15	122.9	140.7
5p'(1/2) ₀	4259	81±6	82.9	126.6
6p(1/2) ₁	3770	324±14	325.4	219.2
6p(1/2) ₀	{ 3834 3607	171±9	151.2	191.5
6p'(1/2) ₀	3650	190±10	197.1	278.6

para el que las diferencias son de un 40% . En general, los cálculos realizados en jk sobrevaloran los resultados experimentales de las vidas medias de niveles ns . En cuanto a los niveles $4p$, los resultados teóricos obtenidos por ambos criterios son semejantes y difieren de los experimentales en menos de un 14% excepto para el nivel $4p' | 3/2 | 2$ para el cual las discrepancias son de un 25% . Para esta configuración los resultados teóricos tienden a dar un valor de la vida media de cada nivel superior al experimental. Mención aparte merecen los niveles $3p^5p$ para los cuales los resultados experimentales difieren de los calculados hasta en un 62% . Hemos de señalar qué cálculos realizados con otras aproximaciones como potenciales paramétricos (31) o funciones de onda de Hartree-Fock [32] para la parte radial de la probabilidad de transición y acoplamiento intermedio para la parte angular 30 , 31 y 32 dan resultados de las vidas medias inferiores incluso a los obtenidos teóricamente en este trabajo y, por tanto más alejadas de los valores experimentales (ver tablas 3 y 4) .

Para los niveles $3p^5p$ las diferencias entre los valores de las vidas medias obtenidas por los dos criterios son importantes, entre un 24 y un 40% , para los niveles estudiados los resultados experimentales difieren en menos de un 11% de los cálculos teóricos realizados considerando la energía experimental de cada nivel.

En la tabla 34 se comparan los resultados teóricos y experimentales obtenida para niveles $3p^5nd$ ($n = 3, 4, 5, 6$ y 7). Los valores experimentales de las vidas medias de niveles $3d$ se han determinado a partir del análisis de las cascadas que más probablemente pueden poblar los niveles $4p$. Los valores experimentales y teóricos están en buen acuerdo. Para los niveles $4d$ los resultados experimentales y los cálculos teóricos realizados considerando el primer criterio concuerdan dentro del margen de error experimental, excepto para el nivel $4d | 3/2 | 2$ para el que las diferencias entre los valores experimentales y teóricas es de un 26% . Los resultados obtenidos con el crite-

Tabla 34.

NIVEL	λ (Å)	VIDA MEDIA EXP.	VALORES TEORICOS	
			Crit. 1	Crit.2
3d(7/2) ₄	13719	72±12*	63.8	62.2
3d(7/2) ₃	13504	55±10*	59.1	59.0
3d(5/2) ₂	13623	68±12*	55.0	57.4
3d(5/2) ₃	13367	54±12*	49.5	53.6
3d(3/2) ₁	14094	40±5*	55.5 ^a	43.9 ^a
3d'(3/2) ₁	15047	53±7*	55.0 ^a	58.0 ^a
3d'(3/2) ₂	13679	60±8*	57.7	57.8
4d(1/2) ₀	6938	120±10	124.1	295.3
4d(1/2) ₁	6871	125±7	128.0 ^a	441.4 ^a
4d(7/2) ₄	7372	226±20	230.0	262.8
4d(7/2) ₃	7353	285±15	296.9	237.7
4d(5/2) ₃	41962	351±30*	334.5	200.0
4d(5/2) ₂	43213	362±40*	348.2	264.4
4d(3/2) ₂	6753	147±7	191.5	276.1
4d(3/2) ₁	43756	199±30*	234.0	191.7
4d'(5/2) ₃	6605	310±8*	317.1	282.5
4d'(5/2) ₂	45204	295±25*	275.0	302.7
4d'(3/2) ₂	6059 6888	223±13	258.6	293.1
5d(1/2) ₀	5651	116±8	127.0	290.7
5d(7/2) ₄	6032	255±10	217.7	302.6
5d(7/2) ₃	5987 6756	320±13	337.4	285.8
5d(3/2) ₂	6248 5559	205±15	437.4	379.7

Tabla 34. (Cont.)

NIVEL	λ (Å)	VIDA MEDIA EXP.	VALORES TEORICOS	
			Crit.1	Crit.2
5d(5/2) ₂	5999	330±30	579.2	308.7
5d(5/2) ₃	6212	475±5	592.4	270.3
5d'(5/2) ₂	5739	227±9	234.9	240.2
5d'(5/2) ₃	5572	247±7	274.9	239.6
5d'(3/2) ₂	{ 6216 5188	134±4	146.4	272.0
6d(1/2) ₀	5151	167±7	161.8	320.6
6d(7/2) ₄	5496	297±5	266.7	345.2
6d(7/2) ₃	5506	500±6	572.3	324.0
6d(5/2) ₃	5682	295±30	803.5	329.5
6d'(5/2) ₂	{ 5560 5128	295±12	299.1	323.2
6d'(3/2) ₂	4769	210±10	224.4	348.5
7d(7/2) ₄	5221	363±17	352.7	425.1
7d(5/2) ₂	5373	438±27	589.8	362.7

rio (2) difieren hasta en un 85% de los obtenidos por el primer criterio. Para los niveles $5d$ las diferencias entre los resultados experimentales y teóricos llegan a ser importantes. Para los niveles $5d|1/2|_0$, $5d|7/2|_3$, $5d'|5/2|_2$ y $5d'|3/2|_2$ los resultados obtenidos tomando la energía experimental de cada nivel están próximos a los valores experimentales (diferencias inferiores a un 9%). Para los niveles $5d|5/2|_2$ y $5d'|5/2|_3$ los resultados obtenidos considerando el segundo criterio difieren en menos de un 7% de los valores experimentales. Sin embargo para los niveles $5d|3/2|_2$ y $5d|5/2|_3$ ni uno ni otro criterio dan una estimación válida de los valores experimentales. Para los niveles $6d$ los valores experimentales de las vidas medias difieren en menos de un 13% de los valores teóricos obtenidos por el primer criterio, a excepción hecha del nivel $6d|5/2|_3$ para el cual el valor experimental de la vida media (295 ± 30 ns) difieren en un 11% del valor obtenido con el segundo criterio (329.5 ns) y en un factor 2.7 del valor obtenido a partir de la energía del nivel (803.5 ns). Para los niveles de la configuración $3p^5 7d$ el resultado obtenido para el nivel $7d|7/2|_4$ con el primer criterio está dentro del margen de error del valor experimental. El valor experimental de la vida media del nivel $7d|5/2|_2$ (438 ± 27 ns) es inferior en un 30% al valor obtenido con el criterio (1) y superior en un 19% al valor obtenido a partir de la media ponderada de las energías de los niveles que parten del mismo ión padre (criterio 2).

En las tablas 35, 36, 37 y 38 se muestran los resultados obtenidos para las vidas medias de niveles $3p^5 ns$ ($n = 5, 6, 7, 8$ y 9), $3p^5 np$ ($n = 4, 5, 6, 7$ y 8), $3p^5 nd$ ($n = 3, 4, 5, 6$ y 7) y $3p^5 nf$ ($n = 4, 5$ y 6) calculados utilizando los criterios 1 y 2.

En resumen, para aquellos casos en que los resultados teóricos obtenidos con los dos criterios difieren apreciablemente entre sí, podemos considerar como más representativos de las vidas medias de los niveles excitados del Ar I los valores obtenidos a partir de la energía de cada nivel.

Tabla 35.- Vidas Medias Teóricas, en ns, de Niveles $3p^5ns$.

	$ns(3/2)_2$		$ns(3/2)_1$		$ns'(1/2)_1$		$ns'(1/2)_0$	
	Crit.1	Crit.2	Crit.1	Crit.2	Crit.1	Crit.2	Crit.1	Crit.2
n = 5	48.6	28.4	19.7	17.6	9.8	10.1	50.0	49.0
n = 6	91.9	87.2	67.3	64.6	89.7	89.2	94.8	93.4
n = 7	168.6	162.3	154.5	153.9	177.4	156.0	171.3	169.5
n = 8	285.5	270.1	289.0	270.1	650.8	625.5	289.6	284.1
n = 9	451.3	444.0	416.3	414.7	944.0	930.8	457.4	451.2

Tabla 36.- Vidas Medias Teóricas, en n₀, de Niveles 3p²np.

	$np(1/2)_1$	$np(5/2)_3$	$np(5/2)_2$	$np(3/2)_1$	$np(3/2)_2$	$np(1/2)_0$	$np(3/2)_1$	$np(3/2)_2$	$np(1/2)_1$	$np(1/2)_0$
$n = 4$										
Crit.1	42.8	29.7	31.7	28.3	25.4	23.7	29.5	31.6	28.6	23.5
Crit.2	42.9	29.4	32.3	28.5	24.8	23.3	28.9	32.1	28.3	22.8
$n = 5$										
Crit.1	165.8	121.5	129.4	109.7	91.7	72.7	122.9	127.2	122.9	82.9
Crit.2	116.7	114.9	128.5	118.4	100.5	84.0	135.1	115.6	140.7	126.6
$n = 6$										
Crit.1	325.4	274.0	291.5	254.3	236.3	151.2	277.8	289.3	303.2	197.1
Crit.2	219.2	250.6	278.5	282.2	259.7	191.5	289.5	284.9	282.0	270.6
$n = 7$										
Crit.1	622.5	496.9	527.7	472.8	428.3	256.9	474.4	514.5	514.2	343.4
Crit.2	443.8	440.3	491.6	515.6	483.7	369.0	484.0	497.6	460.0	539.0
$n = 8$										
Crit.1	1035.9	807.6	880.0	846.6	672.8	488.3	992.4	809.0	861.9	660.2
Crit.2	673.8	720.1	835.9	880.1	598.2	606.2	850.7	832.0	781.0	963.5

Tabla 37.- Vidas Medias Teóricas, en ns, de Niveles $3p^5nd$.

	$nd(1/2)_0$	$nd(1/2)_1$	$nd(7/2)_4$	$nd(7/2)_3$	$nd(3/2)_2$	$nd(3/2)_1$	$nd(5/2)_2$	$nd(5/2)_3$	$nd(5/2)_2$	$nd(5/2)_3$	$nd(3/2)_2$	$nd(3/2)_1$
$n = 3$												
Crit.1	29.2	9.0	63.8	59.1	78.9	22.6	55.0	49.5	56.2	54.3	57.7	22.6
Crit.2	61.7	16.2	62.2	59.0	70.3	13.5	57.4	53.6	54.4	53.5	57.8	17.3
$n = 4$												
Crit.1	124.1	27.9	230.0	296.9	191.5	71.5	348.2	334.5	275.0	317.1	258.6	28.4
Crit.2	295.3	44.1	262.8	237.7	276.1	38.1	264.4	200.0	302.7	282.5	293.1	41.8
$n = 5$												
Crit.1	127.0	58.9	217.7	337.4	437.4	183.3	508.5	592.4	234.9	274.9	146.4	111.9
Crit.2	290.7	86.1	302.6	285.8	379.7	84.0	308.7	270.3	240.2	239.6	272.0	66.9
$n = 6$												
Crit.1	161.8	80.8	266.7	572.3	777.5	180.0	786.7	803.5	299.1	361.3	224.4	184.9
Crit.2	320.6	151.8	345.2	324.0	484.9	151.8	533.3	329.5	323.2	323.3	348.5	116.3
$n = 7$												
Crit.1	197.4	142.8	352.7	485.5	336.7	439.1	589.8	932.0	411.0	503.3	358.0	273.0
Crit.2	374.0	202.3	425.1	491.3	482.8	194.6	362.7	493.8	428.2	429.1	447.8	197.5

Tabla 38 .- Vidas Medias Teóricas, en ms, de Niveles 3p³ n².

	$nf(3/2)_1$	$nf(3/2)_2$	$nf(9/2)_3$	$nf(9/2)_4$	$nf(5/2)_3$	$nf(5/2)_2$	$nf(7/2)_3$	$nf(7/2)_4$	$nf(7/2)_3$	$nf(7/2)_3$	$nf(5/2)_3$	$nf(5/2)_2$
$n = 4$												
Crit.1	53.2	51.7	53.8	55.0	54.7	61.9	44.5	59.0	56.1	57.1	56.7	60.1
Crit.2	40.6	37.3	51.1	56.3	44.6	76.3	64.8	70.5	52.2	56.5	55.7	69.0
$n = 5$												
Crit.1	99.1	97.7	99.8	101.5	99.1	112.1	93.9	108.2	104.5	105.8	106.1	113.3
Crit.2	79.1	74.3	92.4	102.2	87.0	134.5	99.6	122.6	99.6	106.7	101.8	124.8
$n = 6$												
Crit.1	165.2	156.5	167.3	169.7	163.5	187.2	174.2	180.2	177.0	179.7	184.7	189.6
Crit.2	134.8	126.7	154.0	169.4	149.6	216.2	188.5	198.0	171.5	182.0	174.1	208.7

C O N C L U S I O N E S

1. Utilizando como método de excitación el impacto con electrones de baja energía y, para la detección, coincidencias diferidas de un solo fotón se ha medido la vida media de 50 niveles excitados del Ar neutro a través de 67 transiciones. Los niveles estudiados pertenecen a las configuraciones siguientes: cuatro niveles a la $3p^5ns$ ($ns = 6,7,8,9$) ; veintidos niveles a la $3p^5np$ ($n = 4,5,6$) y veinticuatro niveles a la $3p^5nd$ ($n = 4,5,6,7$) . Los resultados obtenidos presentan errores estimados entre un 1 y un 10% , excepto para el nivel resonante, $4d|1/2|_1$, cuyo error se estima en un 15% .
2. Para 21 de los niveles estudiados los resultados experimentales obtenidos en este trabajo son los primeros existentes en la literatura.
3. Se ha calculado en aproximación de Coulomb y acoplamiento jk la vida media de 216 niveles que son todos los del Ar I que tienen energía de excitación inferior a los niveles de la configuración $3p^59p$, así como las probabilidades de las transiciones que parten de estos niveles.
4. Estos cálculos han permitido identificar los niveles que más probablemente pueden poblar por cascada radiativa los niveles $4p$ y $5p$. Así se ha podido estimar la vida media de quince niveles: siete niveles $3d$, cuatro niveles $4d$, dos niveles $5s$ y dos niveles $6s$, con errores comprendidos entre un 6 y un 22% . Los valores obtenidos son los únicos existentes en la literatura excepto para el nivel $3d|7/2|_4$.
5. Podemos afirmar que los pobladores más poblables de niveles

$4p$ y $5p$ por cascada radiativa son los niveles $3d$ y $5s$ y $4d$ y $6s$ respectivamente.

6. Para los restantes niveles estudiados, las medidas a energías próximas al umbral de excitación impedían la aparición de componentes de cascada.
7. Para el único nivel resonante estudiado, $4d|1/2|_1$, el valor de la vida media extrapolado a presión cero es un factor 2.1 inferior al valor a presiones del orden de decenas de mtorr. Para el resto de los niveles no se ha observado variación de la vida media con la presión.
8. La comparación de los resultados experimentales de las vidas medias con los cálculos realizados nos ha permitido observar la influencia que tiene sobre la vida media el criterio de elección del parámetro de energía. Los resultados más próximos a los valores experimentales se obtienen tomando como parámetro de energía la diferencia entre la energía de ionización y la del nivel en estudio.
9. A partir de las medidas de las intensidades de emisión detectadas fotón a fotón se ha determinado las probabilidades de transición relativas de 237 líneas procedentes de 68 niveles pertenecientes a las configuraciones $3p^5ns$ ($n = 6, 7, 8, 9$) $3p^5np$ ($n = 4, 5, 6$) y $3p^5nd$ ($n = 4, 5, 6, 7$). Los errores estimados oscilan entre un 10 y un 20%.
10. A partir de los valores experimentales de las vidas medias se han obtenido los valores absolutos de 25 probabilidades de transición $4p \rightarrow 4s$, con errores comprendidos entre un 10 y un 25%. Diez de estos valores, son los primeros puramente experimentales existentes en la literatura.
11. Para las restantes transiciones estudiadas, los cálculos realizados en este trabajo nos han servido para estimar las probabi

dades de transición de las líneas de longitudes de onda fuera del rango espectral de medida. Los valores así estimados junto con el valor experimental de la vida media nos ha permitido pa sar los valores relativos de las probabilidades de transición a valores absolutos para 77 líneas $6p \rightarrow 4s$, $ns \rightarrow 4p$ ($n=6,7,8,9$) y $nd \rightarrow 4p$ ($n=4,5$). En la mayoría de los casos los valores así hallados están en buen acuerdo con los existentes en la literatura. Cinco de estos valores son originales.

12. A partir de las probabilidades absolutas de las transiciones $4p \rightarrow 4s$ se han determinado las fuerzas de línea para veinticinco transiciones. La regla de Shortley de la suma de las fuerzas de línea de igual J inicial se cumple con diferencias inferiores a un 14% y por tanto, dentro del margen de error experimental estimado. El valor deducido para la integral radial de las probabilidades de transición $4p \rightarrow 4s$ está en buen acuerdo con el valor teórico medio obtenido en aproximación de Coulomb y con el obtenido por otros autores utilizando fun ciones de Hartree-Fock-Slater (diferencias de un 6% para ambas comparaciones).
13. De los valores de las probabilidades absolutas obtenidos en este grupo experimental para transiciones análogas en KrI y XeI se han determinado las correspondientes fuerzas de línea. En el estudio del Kr I se observó que la regla de Shortley se cumple dentro del margen de error experimental (diferencias inferiores a un 16%). La integral radial así deducida y su valor teórico medio difieren en un 3%. Diferencias de hasta un 50% se encuentran al aplicar la regla de la suma al Xe I. Estas diferencias no explicables a partir de los errores experimentales nos permiten deducir que para este elemento la mezcla de configuraciones tiene una influencia apre ciable.
14. Se han deducido las fuerzas de oscilador para transiciones $(n+1)s \rightarrow (n+1)p$ de los gases nobles NeI, ArI, KrI y XeI que

en su estado fundamental completan la capa np . Se ha comprobado que estas son las transiciones predominantes en absorción que parten de niveles $(n+1)s$, ya que la regla de la suma de Wigner-Kirkwood se cumple con errores inferiores a un 9% para los cuatro gases. Por tanto, se han podido comparar las fuerzas de oscilador de líneas individuales análogas. Esta comparación, realizada por primera vez en la literatura muestra que las diferencias en media son inferiores a un 29%.

15. Regularidades más patentes aparecen al comparar las fuerzas de oscilador del Ar I con las obtenidas para sus isoelectrónicas K II y Ca III a partir de los cálculos (de las probabilidades de transición) existentes en la literatura. Lo que permite, para las líneas más intensas, inferir las fuerzas de oscilador de átomos fuertemente ionizados isoelectrónicos con el Ar I.
16. Por último, se han comparado las vidas medias de niveles análogos en los cuatro gases nobles. Se ha observado para niveles $np^5(n+1)p$ un aumento en el valor de la vida media al crecer Z . Sin embargo, para las restantes niveles comparados $np^5(n+2)p$ y $np^5(n+2)d$, la vida media del nivel disminuye al aumentar Z . El valor de la vida media crece en el mismo sentido al pasar de un nivel a otro de una misma configuración para los gases nobles Argon, Cripton y Xenon.

BIBLIOGRAFIA

1. R.E.IMHOF Y F.H.HEAD, "Measurement of Lifetimes of Atoms, Molecules and Ions". *Repts on Progress in Physics* 40, 104 (1977).
2. P.ERMAN, Research Institute for Physics, Annual Report, Stockholm pp117-32 (1972) [*Physical Scripta* 11, 65 (1975)].
3. A.P.THORNE "Spectrophysics" Ed.Chapman & Hall & Science Paperbacks. (London)(1974).
4. V.FONSECA. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense.Madrid (1978).
5. F.ARQUEROS.*Tesis Doctoral*. Univer. Complutense.Madrid(1980).
6. J.A.CABRERA. *Tesis Doctoral*. Univ. Complutense.Madrid(1981).
7. J. CAMPOS. *Anales de Física* 69, 291 (1978).
8. M.SHAW. *Tesis Doctoral*. Univ. Complutense.Madrid (1981).
9. J.CAMPOS.*Tesis Doctoral*. Univ. Complutense. Madrid(1970).
10. "Handbook of Chemistry and Physics" 60th Ed.(1979-1980).
11. I.ASIMOV, "Breve Historia de la Química" A.U.(1965).
12. C.E.MOORE, "Atomic Energy Levels". Vol.II, N.B.S.,(U.S. Government. Printing Office, Washintong D.C. 1949).
13. S.BASHKIN Y J.O.STONER Jr., "Atomic Energy Level & Grotrian Diagrams 2" North Holland Publising Company (1978).
14. I.I. SOBEL'MAN, "An Introduction to the Theory of Atomic Spectra" Pergamon Press (1972).
15. C.J.CHEN, *J. Opt. Soc. Am.* 61, 1267 (1971).
16. P.D.JOHNSTON, *Proc. Phys. Soc.* 92, 896 (1967).
17. A.R.STRIGANOV Y N.S. SVENTITSKII, "Tables of Spectral lines of Neutral and Ionized Atoms" I.F.I./Plenum.New York (1968).

18. G.NORLEN, *Physica Scripta* 8, 249 (1973).
19. E.U.CONDON Y G.H.SHORTLEY, "The theory of Atomic Spectra"
Cambridge University Press (1953).
20. W.L.WIESE, M.W. SMITH Y B.H.MILES, "Atomic Transition
probabilities" Vol.2, NSRDS - NBS22, U.S.Government Printing
Office, Washington D.C. (1969).
21. YA.F.VEROLAINEN Y A.L.OSHEROVICH, *Opt. Spectrosc.* 25, 258
(1968).
22. J.Z.KLOSE, *J. Opt. Soc. Am.* 57, 1242 (1967).
23. R.A.NODWELL, J.MEYER Y T.JACOBSON, *J. Quant. Spectrosc.
Radiat. Transfer.* 10, 335 (1970).
24. R.S.F.CHANG Y D.W. SETSER, *J. Chem. Phys.* 69, 3885 (1978).
25. P.ERMAN Y S.HULDT, *Physica Scripta* 17, 473 (1978).
26. J.P.GRANDIN, D.LECLER Y J.MARGERIE, *C.R. Acad. Sci. Paris
Serie B* 272, 929 (1971)
27. D.A.LANDMAN, *Phys. Rev. B* 173, 33 (1968).
28. J.B.SHUMAKER Jr. Y C.H.POPENOE, *J. Opt. Soc. Am.* 57, 8 (1967).
29. J.GALY, H.BRUNET, A.BIROT Y J.L.ARTIGUE, *C. R. Acad. Sci.*
276, 23 (1973).
30. R.A.LILLY, *J. Opt. Soc. Am.* 66, 245 (1976).
31. M.AYMAR, S.FENEUILLE Y M. KLAPISCH, *Nucl. Instrum. Methos.*
90, 137 (1970).
32. P.G.GRUZDEV Y A.V. LOGINOV, *Opt. Spectrosc.* 38, 234 (1975).
33. YU.I.MALAKOV Y V.G.POTYOMKIN, *Opt. Spectrosc. (URSS)* 32,
129 (1972).
34. P.W.MURPHY, *J. Opt. Soc. Am.* 58, 1509 (1968).
35. V.FONSECA Y J.CAMPOS, "Measurement of lifetimes and transition
probabilities of KrII" *J. Phys. B* (en publicación).
36. J.Z. KLOSE, *J. Opt. Soc. Am.* 58, 1509 (1968).

37. B.W.SHORE Y D.H.MENZEL, "*Principles of Atomic Spectra*" J. Wiley and Sons (1968).
38. M.CHENEVIER Y G.GOULLET, *J. Physique* 30, suppl. C1, 84 (1969)
39. B.ZURRO, J.CAMPOS Y C. SANCHEZ DEL RIO, *Physics Letters* 43A, 527 (1973).
40. I.B. LEVINSON Y A.A. NIKITIN, "*Handbook for Theoretical Computation of Line Intensities in Atomic Spectra*" Israel. Program for Scientific Translations. Jerusalem (1965).
41. G.H. LAWRENCE, *Phys. Rev.* 175, 40 (1968).
42. I.BUES, T.HAAG Y J. RITCHTER, *Laboratoriumsbericht aus dem Institut für Experimentalphysik der Universität Kiel* (1969).
43. B.ZURRO, *Tesis Doctoral. Univ. Complutense. Madrid* (1973)
44. A.PERY-THORNE Y J.E. CHAMBERLAIN, *Proc. Phys. Soc.* 82, 133 (1963).
45. H.N.OLSEN, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.* 3, 59 (1963).
46. L.R.DOHERTY, *Tesis Doctoral. Univ. Michigan* (1961)
47. L.P.RAZUMOVSKAYA, *Opt. Spectrosc.* 14, 98 (1963).
48. R.H.GARSTANG Y J. VAN BLERKOM, *J. Opt. Soc. Am.* 55, 1054 (1965).
49. C.H.CORLISS Y J.B.SHUMAKER Jr., *J. of Research of N.B.S.-A. Physics and Chemistry* 71A, 575 (1967).
50. I.BUES, T. HAAG Y J. RICHTER, *Informe de la Universidad de Kiel* (1969).
51. B.WENDE, *Z. Physik.* 213, 341 (1968).
52. B.S.MALONE Y W.H. CORCORAN, *J. Quant. Spectros. Radiat. Transfer.* 6, 443 (1966).
53. J.F.BOTT, *Phys. of Fluids.* 9, 1540 (1966).

54. G.H.DIEKE Y H. M. CROSSWHITE, "The Spectrum of ArI". *The Johns Hopkins University*. Baltimore. (1954).
55. G.K.WOODGATE, "Elementary Atomic Structure" McGraw Hill (1970).
56. L.J.SCHIFF "Quantum Mechanics" McGraw Hill (1968).
57. H. MEINERS, B.M.wF.- F.B.K. 68 - 34 Hannover (1968).
58. D.R.BATES Y A.DAMGAARD, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* A242, 101 (1949).
59. M.AYMAR, *Tesis Doctoral. Université Paris - Sud* (1973).
60. P.MARTIN, *Tesis Doctoral. Univ. Complutense.Madrid* (1976).
61. E. WIGNER, *Phys. Z.* 32, 450 (1931); J.G.KIRKWOOD, *Phys. Z.* 33, 521 (1932).
62. W.L.WIESE Y A.W.WEISS, *Phys. Rev.* 175, 50 (1968).
63. M.COHEN Y A.DARGANO, *Proc. Roy. Soc. London* A275, 492 (1963).
64. H.G.KUHN, "Atomic Spectra". Longman Group Limited. London (1971).
65. C.SANCHEZ DEL RIO, "Introducción a la Teoría del Atomo" Ed. Alhambra.Madrid (1978).
66. R.D. COWAN Y K.L. ANDREW, *J. Opt. Soc. Am.* 55, 502 (1965).

242

MEMORIA QUE PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
EN CIENCIAS FÍSICAS, PRESENTA

MARIA JOSE GARCIA BORGE

PROBABILIDADES DE TRANSICION DE LINEAS DEL ARGON
NEUTRO Y REGULARIDADES DE FUERZAS DE OSCILADOR
EN LA SECUENCIA DE LOS GASES NOBLES.

APÉNDICE

DIRECTOR: PROF. J. CAMPOS GUTIERREZ
CATEDRÁTICO DE FÍSICA
ATÓMICA EXPERIMENTAL.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
DEPT. DE FÍSICA FUNDAMENTAL

1982

241

APENDICE

Tablas de cálculo de probabilidades de transición absolutas, utilizando *Aproximación de Coulomb* para la parte radial y *acoplamiento jK* para el cálculo de su parte angular.

Se han realizado cálculos para todos los niveles de energía de excitación menor que los niveles pertenecientes a la configuración $3p^5 9p$ del ArI.

Como parámetro de energía se ha tomado el valor resultante de considerar los dos criterios especificados en el Capítulo IV de la presente Memoria. Los cálculos que aquí aparecen son los obtenidos considerando el *primer criterio*, es decir, tomando *la energía experimental de cada nivel* conocida a partir de las tablas de las refs. [12] y [13].

Las probabilidades de transición absolutas de las líneas resonantes tienen un valor real, según estos cálculos, que es el aquí tabulado multiplicado por 6, por ser uno cualquiera de los seis electrones equivalentes ($3p^6$) el que puede saltar a un nivel excitado.

En las páginas siguientes se detallan los cálculos obtenidos agrupados por configuraciones.

24.

303

CONFIGURACIONES $3p^5ns$

”

348

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5S (3/2)(3/2)2
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
13829.4 I	4P 3/2(3/2)2 - 5S 3/2(3/2)2	I .2482+02 I .5704+07
12736.8 I	4P 3/2(5/2)2 - 5S 3/2(3/2)2	I .2095+02 I .6646+06
13547.6 I	4P 3/2(3/2)1 - 5S 3/2(3/2)2	I .2383+02 I .6472+06
12491.0 I	4P 3/2(5/2)3 - 5S 3/2(3/2)2	I .2007+02 I .9736+07
10676.4 I	4P 3/2(1/2)1 - 5S 3/2(3/2)2	I .1367+02 I .3792+07

I
IV.MEDIA = 48.6 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5S (3/2)(3/2)1
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
15176.9 I	4P 3/2(1/2)0 - 5S 3/2(3/2)1	I .1195+03NSI .3348+07
13503.2 I	4P 3/2(3/2)2 - 5S 3/2(3/2)1	I .1109+03NSI .1623+07
879.9 I	ISO - 5S 3/2(3/2)1	I .3538-01NAI .3125+08
13234.6 I	4P 3/2(3/2)1 - 5S 3/2(3/2)1	I .1094+03NSI .8497+07
10480.9 I	4P 3/2(1/2)1 - 5S 3/2(3/2)1	I .8993+02NSI .4396+07
12459.6 I	4P 3/2(5/2)2 - 5S 3/2(3/2)1	I .1046+03NSI .1095+07

I
IV.MEDIA = 19.7 NSEG.I
I

349

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5S (1/2)(1/2)1

=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP,I,(SEG-1)
=====
15993.9 I 4P 1/2(1/2)0 - 5S 1/2(1/2)1 I .3224+02 I .1774+07
-----
859.8 I 1S0 - 5S 1/2(1/2)1 I .3941-02NAI .1816+07
-----
13371.5 I 4P 1/2(1/2)1 - 5S 1/2(1/2)1 I .2312+02 I .4354+07
-----
12749.7 I 4P 1/2(3/2)1 - 5S 1/2(1/2)1 I .2389+02 I .2269+07
-----
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 9.7 NSEG,I
I I
-----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5S (1/2)(1/2)0

=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP,I,(SEG-1)
=====
12936.7 I 4P 1/2(3/2)1 - 5S 1/2(1/2)0 I .2171+02 I .1354+08
-----
13577.3 I 4P 1/2(1/2)1 - 5S 1/2(1/2)0 I .2397+02 I .6468+07
-----
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 50.0 NSEG,I
I I
-----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6S (3/2)(3/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.I.(SEG-1)
40008.6 I	5P 3/2(3/2)2 - 6S 3/2(3/2)2	I .1323+03	I .1256+07
39498.8 I	5P 3/2(3/2)1 - 6S 3/2(3/2)2	I .1295+03	I .1419+06
37261.7 I	5P 3/2(5/2)2 - 6S 3/2(3/2)2	I .1167+03	I .1523+06
36492.3 I	5P 3/2(5/2)3 - 6S 3/2(3/2)2	I .1122+03	I .2183+07
33079.1 I	5P 3/2(1/2)1 - 6S 3/2(3/2)2	I .9169+02	I .8553+06
7437.4 I	4P 3/2(3/2)2 - 6S 3/2(3/2)2	I .1136+01	I .1679+07
7355.2 I	4P 3/2(3/2)1 - 6S 3/2(3/2)2	I .1133+01	I .1923+06
7109.4 I	4P 3/2(5/2)2 - 6S 3/2(3/2)2	I .1111+01	I .2088+06
7032.2 I	4P 3/2(5/2)3 - 6S 3/2(3/2)2	I .1100+01	I .2992+07
6418.1 I	4P 3/2(1/2)1 - 6S 3/2(3/2)2	I .9590+00	I .1225+07

I I
IV.MEDIA = 91.9 NSEG.1

351

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6S (1/2)(1/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
43660.9 I	5P 1/2(1/2)0 - 6S 1/2(1/2)1	I .1518+03	I .4107+06
37013.7 I	5P 1/2(1/2)1 - 6S 1/2(1/2)1	I .1148+03	I .1019+07
36312.5 I	5P 1/2(3/2)1 - 6S 1/2(1/2)1	I .1106+03	I .5201+06
37143.8 I	5P 1/2(3/2)2 - 6S 1/2(1/2)1	I .1155+03	I .2538+07
8039.4 I	4P 1/2(1/2)0 - 6S 1/2(1/2)1	I .1140+01	I .4937+06
7318.0 I	4P 1/2(1/2)1 - 6S 1/2(1/2)1	I .1150+01	I .1321+07
7127.8 I	4P 1/2(3/2)1 - 6S 1/2(1/2)1	I .1127+01	I .7009+06
825.3 I	ISO - 6S 1/2(1/2)1	I .1339-02NAI	.7220+06
7209.0 I	4P 1/2(3/2)2 - 6S 1/2(1/2)1	I .1138+01	I .3420+07

I
IV-MEDIA = 89.7 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6S (3/2)(3/2)1
=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	IP, I, (ISEG-1)
6386.5	I	4P 3/2(1/2)1 - 6S 3/2(3/2)1	I	.1371+01	I .2962+06
7070.7	I	4P 3/2(5/2)2 - 6S 3/2(3/2)1	I	.3734+00	I .2140+05
7313.7	I	4P 3/2(3/2)1 - 6S 3/2(3/2)1	I	.1505+00	I .6926+05
7395.3	I	4P 3/2(3/2)2 - 6S 3/2(3/2)1	I	.9650-01	I .8602+04
7970.4	I	4P 3/2(1/2)0 - 6S 3/2(3/2)1	I	.2636-01	I .6086+04
835.0	I	1S0 - 6S 3/2(3/2)1	I	.1079-01	NAI .1115+08
45512.5	I	5P 3/2(1/2)0 - 6S 3/2(3/2)1	I	.5400+03	I .6457+06
38611.3	I	5P 3/2(3/2)2 - 6S 3/2(3/2)1	I	.4789+03	I .2951+06
38331.4	I	5P 3/2(3/2)1 - 6S 3/2(3/2)1	I	.4737+03	I .1515+07
36221.0	I	5P 3/2(5/2)2 - 6S 3/2(3/2)1	I	.4474+03	I .1916+06
32256.3	I	5P 3/2(1/2)1 - 6S 3/2(3/2)1	I	.3970+03	I .6657+06

I
IV.MEDIA = 57.3 NSEG.I
I

353

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6S (1/2)(1/2)0

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
27921.7 I	5P 1/2(1/2)1 - 6S 1/2(1/2)0	I .1206+03	I .1494+07
37186.1 I	5P 1/2(3/2)1 - 6S 1/2(1/2)0	I .1164+03	I .3058+07
7352.8 I	4P 1/2(1/2)1 - 6S 1/2(1/2)0	I .1125+01	I .1911+07
7160.8 I	4P 1/2(3/2)1 - 6S 1/2(1/2)0	I .1111+01	I .4086+07

I
IV.MEDIA = 94.8 NSEG.I

I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7S (3/2)(3/2)2

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
85511.7	I	6P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4035+03	I	.3922+06
84535.4	I	6P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.3962+03	I	.4428+05
80116.0	I	6P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.3621+03	I	.4755+05
78451.0	I	6P 3/2(5/2)3 - 7S 3/2(3/2)2	I	.3468+03	I	.6831+06
72522.5	I	6P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.3013+03	I	.2641+06
19024.2	I	5P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4713+01	I	.4213+06
18508.2	I	5P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4811+01	I	.4806+05
18175.5	I	5P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4940+01	I	.5373+05
18190.7	I	5P 3/2(5/2)3 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4968+01	I	.7803+06
17100.5	I	5P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.4959+01	I	.3233+06
6171.5	I	4P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.2953+00	I	.7634+06
6115.2	I	4P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.2963+00	I	.8751+05
5944.3	I	4P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)2	I	.2963+00	I	.9525+05
5890.2	I	4P 3/2(5/2)3 - 7S 3/2(3/2)2	I	.2952+00	I	.1366+07
5451.2	I	4P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)2	I	.2655+00	I	.5612+06
<p>I IV.MEDIA = 168.6 NSEG.I I</p>						

355

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7S (3/2)(3/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U,A,)IP, I. (SEG-1)
99092,3 I	6P 3/2(1/2)0 - 7S 3/2(3/2)1	I ,4978+03 I ,1152+06
82728,0 I	6P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3812+03 I ,7579+05
81817,7 I	6P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3741+03 I ,3844+06
77667,5 I	6P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3466+03 I ,7365+06
70888,8 I	6P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,2823+03 I ,8952+05
20339,9 I	5P 3/2(1/2)0 - 7S 3/2(3/2)1	I ,4411+01 I ,1180+06
18882,9 I	5P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,5016+01 I ,8385+05
18768,5 I	5P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,5041+01 I ,4291+06
18247,9 I	5P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,5169+01 I ,8517+06
17183,9 I	5P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,5063+01 I ,1110+06
816,5 I	ISD - 7S 3/2(3/2)1	I ,5824-03NAI ,6439+06
6482,9 I	4P 3/2(1/2)0 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3061+00 I ,2480+06
6156,9 I	4P 3/2(3/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3054+00 I ,1492+06
6100,5 I	4P 3/2(3/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3052+00 I ,7664+06
5930,4 I	4P 3/2(5/2)2 - 7S 3/2(3/2)1	I ,3054+00 I ,1483+07
5441,5 I	4P 3/2(1/2)1 - 7S 3/2(3/2)1	I ,2687+00 I ,1877+06
I		
IV, MEDIA = 154,5 NSEG.1		
I		

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7S (1/2)(1/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.P.(U.A.)	I P.F.(SEG-1)
51601.1 I	6P 1/2(1/2)0 - 7S 1/2(1/2)1	I .4472+03	I .1310+06
78063.4 I	6P 1/2(1/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .3452+03	I .3267+06
78583.0 I	6P 1/2(3/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .3494+03	I .1621+06
80181.5 I	6P 1/2(3/2)2 - 7S 1/2(1/2)1	I .3622+03	I .7908+06
10473.4 I	5P 1/2(3/2)2 - 7S 1/2(1/2)1	I .4970+01	I .8873+06
18265.5 I	5P 1/2(3/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .5001+01	I .1847+06
18441.2 I	5P 1/2(1/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .4976+01	I .3572+06
19954.8 I	5P 1/2(1/2)0 - 7S 1/2(1/2)1	I .4425+01	I .1254+06
6596.5 I	4P 1/2(1/2)0 - 7S 1/2(1/2)1	I .2772+00	I .2174+06
6102.8 I	4P 1/2(1/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .3001+00	I .5945+06
5970.0 I	4P 1/2(3/2)1 - 7S 1/2(1/2)1	I .2995+00	I .3169+06
6026.8 I	4P 1/2(3/2)2 - 7S 1/2(1/2)1	I .3001+00	I .1543+07

I
 IV.MEDIA = 177.4 NSEG.I
 I

357

VIDA MEDIA DEL NIVEL BS (3/2)(3/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
155836.0 I	7P 3/2(3/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .9515+03	I .1527+06
154249.6 I	7P 3/2(3/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .9317+03	I .1722+05
146507.4 I	7P 3/2(5/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .8619+03	I .1849+05
143177.4 I	7P 3/2(5/2)3 - BS 3/2(3/2)2	I .8255+03	I .2661+06
136761.5 I	7P 3/2(1/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .7611+03	I .1005+06
37985.1 I	6P 3/2(3/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1266+02	I .1404+06
37792.0 I	6P 3/2(3/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1280+02	I .1602+05
36881.7 I	6P 3/2(5/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1318+02	I .1801+05
36524.9 I	6P 3/2(5/2)3 - BS 3/2(3/2)2	I .1355+02	I .2630+06
35279.7 I	6P 3/2(1/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1353+02	I .1071+06
14881.8 I	5P 3/2(3/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1154+01	I .2202+06
14810.6 I	5P 3/2(3/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1210+01	I .2515+05
14484.6 I	5P 3/2(5/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1271+01	I .2925+05
14166.8 I	5P 3/2(5/2)3 - BS 3/2(3/2)2	I .1289+01	I .4110+06
13806.0 I	5P 3/2(1/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1317+01	I .1715+06
5660.7 I	4P 3/2(3/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1226+00	I .4108+06
5612.9 I	4P 3/2(3/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1214+00	I .4711+05
5468.7 I	4P 3/2(5/2)2 - BS 3/2(3/2)2	I .1242+00	I .5130+05
5422.8 I	4P 3/2(5/2)3 - BS 3/2(3/2)2	I .1241+00	I .7357+06
5050.2 I	4P 3/2(1/2)1 - BS 3/2(3/2)2	I .1153+00	I .3023+06

I
IV.MEDIA = 295.5 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8S (3/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
13744.0	I	5P 3/2(1/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1904+01	I	.4127+05
14416.3	I	5P 3/2(5/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.9133+00	I	.6176+04
14739.3	I	5P 3/2(3/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.5396+00	I	.3035+05
14809.7	I	5P 3/2(3/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.4694+00	I	.5205+04
15691.3	I	5P 3/2(1/2)0 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1067-02	I	.3110+02
1806.9	I	150 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2456-02NAI	I	.2814+07
5041.9	I	4P 3/2(1/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.4644-01	I	.2039+05
5458.9	I	4P 3/2(5/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.9832-03	I	.1224+03
5602.7	I	4P 3/2(3/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1502-01	I	.1538+05
5650.2	I	4P 3/2(3/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2349-01	I	.4691+04
5923.6	I	4P 3/2(1/2)0 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1116+00	I	.6042+05
101557.4	I	7P 3/2(1/2)0 - 8S 3/2(3/2)1	I	.3314+04	I	.6234+05
140284.4	I	7P 3/2(3/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2752+04	I	.3040+05
146847.3	I	7P 3/2(3/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2723+04	I	.1548+06
129813.4	I	7P 3/2(5/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2570+04	I	.1905+05
120910.6	I	7P 3/2(1/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2358+04	I	.5915+05
24877.6	I	6P 3/2(1/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.3049+02	I	.4044+05
37519.4	I	6P 3/2(3/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1780+02	I	.1214+05
40556.9	I	6P 3/2(1/2)0 - 8S 3/2(3/2)1	I	.5509+01	I	.9295+04
27331.0	I	6P 3/2(3/2)1 - 8S 3/2(3/2)1	I	.1869+02	I	.6471+05
26442.5	I	6P 3/2(5/2)2 - 8S 3/2(3/2)1	I	.2296+02	I	.9613+04

I
IV.MEDIA = 289.0 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL BS (1/2)(1/2)I
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP,I,(SEG-I)
5498.0 I	4P 1/2(3/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1265+00	I .1750+06
6336.4 I	4P 1/2(1/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1029+00	I .1847+06
6013.0 I	4P 1/2(1/2)0 - BS 1/2(1/2)1	I .1169+00	I .1231+06
797.7 I	IS0 - BS 1/2(1/2)1	I .3413-03N	I .2038+06
15426.6 I	5P 1/2(1/2)0 - BS 1/2(1/2)1	I .1124+01	I .6892+05
14506.1 I	5P 1/2(1/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1319+01	I .1945+06
14397.1 I	5P 1/2(3/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1332+01	I .1305+06
36449.1 I	6P 1/2(3/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1394+02	I .6483+05
36337.0 I	6P 1/2(1/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .1398+02	I .1312+06
39021.4 I	6P 1/2(1/2)0 - BS 1/2(1/2)1	I .1232+02	I .4667+05
165722.1 I	7P 1/2(1/2)0 - BS 1/2(1/2)1	I .1039+04	I .5141+05
142397.4 I	7P 1/2(1/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .8168+03	I .1274+06
140890.8 I	7P 1/2(3/2)1 - BS 1/2(1/2)1	I .8012+03	I .6449+05

I
IV.MEDIA = 650.8 NSEG.I
I

360

VIDA MEDIA DEL NIVEL BS (1/2)(1/2)0
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
5493,6 I	4P 1/2(3/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1242+00	I .1012+07
5625,9 I	4P 1/2(1/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1235+00	I .4733+06
14545,3 I	5P 1/2(1/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1261+01	I .2768+06
14435,7 I	5P 1/2(3/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1279+01	I .5743+06
36697,4 I	6P 1/2(3/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1347+02	I .3683+06
36583,7 I	6P 1/2(1/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .1353+02	I .1866+06
146252,9 I	7P 1/2(1/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .8585+03	I .1853+06
144673,8 I	7P 1/2(3/2)1 - 8S 1/2(1/2)0	I .8426+03	I .3758+06

I
IV.MEDIA = 289,6 NSES.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL SS (3/2)(3/2)2

EN A	I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP, I. (SEG-1)
255977,0	I	8P 3/2(3/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .1910+04	I .6920+05
252978,8	I	8P 3/2(3/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .1876+04	I .7825+04
240999,0	I	8P 3/2(5/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .1727+04	I .8380+04
236613,7	I	8P 3/2(5/2)3 - 9S 3/2(3/2)2	I .1684+04	I .1202+06
217414,8	I	8P 3/2(1/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .1440+04	I .4732+05
62516,4	I	7P 3/2(1/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .3062+02	I .4232+05
63863,5	I	7P 3/2(5/2)3 - 9S 3/2(3/2)2	I .2967+02	I .1077+06
64477,0	I	7P 3/2(5/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .2912+02	I .7337+04
65933,5	I	7P 3/2(3/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .2757+02	I .6496+04
66221,7	I	7P 3/2(3/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .2723+02	I .5698+05
27729,7	I	6P 3/2(5/2)3 - 9S 3/2(3/2)2	I .3368+01	I .1467+06
28563,3	I	6P 3/2(3/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .2968+01	I .7742+05
28454,0	I	6P 3/2(3/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .3018+01	I .8848+04
27934,9	I	6P 3/2(5/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .3234+01	I .1002+05
27026,1	I	6P 3/2(1/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .3516+01	I .6027+05
13178,7	I	5P 3/2(3/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .5001+00	I .1328+06
13122,9	I	5P 3/2(3/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .5077+00	I .1517+05
12866,2	I	5P 3/2(5/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .5383+00	I .1707+05
12773,3	I	5P 3/2(5/2)3 - 9S 3/2(3/2)2	I .5475+00	I .2484+06
12328,0	I	5P 3/2(1/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .5767+00	I .1039+06
5395,5	I	4P 3/2(3/2)2 - 9S 3/2(3/2)2	I .6314+01	I .2443+06
5352,1	I	4P 3/2(3/2)1 - 9S 3/2(3/2)2	I .6363+01	I .2803+05

5220,7	I	4P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)2	I	,6438-01	I	,3055+05
5179,0	I	4P	3/2(5/2)3	-	9S	3/2(3/2)2	I	,6439-01	I	,4383+06
4838,0	I	4P	3/2(1/2)1	-	9S	3/2(3/2)2	I	,6048-01	I	,1803+06

I										
IV, MEDIA = 451,3 NSEG. I										
I-----I										

VIDA MEDIA DEL NIVEL 9S (3/2)(3/2)1

=====										
=====										
EN A I		TRANSICION				I P.R. (U.A.) I P. I. (SEG-1)				
=====										
291240,0	I	8P	3/2(1/2)0	-	9S	3/2(3/2)1	I	,2273+04	I	,2071+05
248905,0	I	8P	3/2(3/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,1827+04	I	,1334+05
246069,3	I	8P	3/2(3/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,1754+04	I	,6776+05
234720,3	I	8P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,1656+04	I	,1298+06
212291,8	I	8P	3/2(1/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,1365+04	I	,1606+05
71551,7	I	7P	3/2(1/2)0	-	9S	3/2(3/2)1	I	,2034+02	I	,1250+05
65738,5	I	7P	3/2(3/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,2872+02	I	,1138+05
65454,5	I	7P	3/2(3/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,2902+02	I	,5824+05
64018,9	I	7P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3031+02	I	,1170+06
62085,6	I	7P	3/2(1/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3144+02	I	,1479+05
30189,0	I	6P	3/2(1/2)0	-	9S	3/2(3/2)1	I	,2286+01	I	,1870+05
28473,1	I	6P	3/2(3/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3168+01	I	,1545+05
28364,5	I	6P	3/2(3/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3213+01	I	,7924+05
27848,6	I	6P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3403+01	I	,1596+06
26925,4	I	6P	3/2(1/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	,3631+01	I	,2094+05
801,4	I	ISO				-	9S	3/2(3/2)1	I	,2039-03NAI ,2384+06
13850,9	I	5P	3/2(1/2)0	-	9S	3/2(3/2)1	I	,4233+00	I	,3586+05

363

13159.4	I	5P	3/2(3/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	.5308+00	I	.2622+05
13103.8	I	5P	3/2(3/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	.5375+00	I	.1344+06
12847.9	I	5P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	.5636+00	I	.2692+06
12311.1	I	5P	3/2(17/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	.5912+00	I	.3566+05
5640.7	I	4P	3/2(1/2)0	-	9S	3/2(3/2)1	I	.6250-01	I	.7840+05
5392.2	I	4P	3/2(3/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	.6631-01	I	.4760+05
5348.9	I	4P	3/2(3/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	.6658-01	I	.2449+06
5217.7	I	4P	3/2(5/2)2	-	9S	3/2(3/2)1	I	.6668-01	I	.4755+06
4835.4	I	4P	3/2(1/2)1	-	9S	3/2(3/2)1	I	.6054-01	I	.6067+05

I	I
IV.MEDIA = 416.3 NSEC.I	I
I	I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 9S (1/2)(1/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
5241.1 I	4P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .6620-01 I .1335+06
5343.3 I	4P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .6595-01 I .1946+06
5717.9 I	4P 1/2(1/2)0 - 9S 1/2(1/2)1	I .5954-01 I .7169+05
792.3 I	1S0 - 9S 1/2(1/2)1	I .2159-03NAI .1316+06
13622.9 I	5P 1/2(1/2)0 - 9S 1/2(1/2)1	I .4554+00 I .4055+05
12900.0 I	5P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .5534+00 I .1161+06
12813.8 I	5P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .5613+00 I .6005+05
27753.8 I	6P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .3399+01 I .3576+05
27698.7 I	6P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .3420+01 I .7246+05
29231.6 I	6P 1/2(1/2)0 - 9S 1/2(1/2)1	I .2771+01 I .2497+05
68414.4 I	7P 1/2(1/2)0 - 9S 1/2(1/2)1	I .2507+02 I .1763+05
64031.2 I	7P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .3009+02 I .5147+05
63774.3 I	7P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .3032+02 I .2632+05
233770.2 I	8P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .1646+04 I .2900+05
230271.2 I	8P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)1	I .1602+04 I .5907+05
263074.7 I	8P 1/2(1/2)0 - 9S 1/2(1/2)1	I .1987+04 I .2457+05

I
IV.MEDIA = 944.0 NSES.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 9S (1/2)(1/2)0

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U,A,)	IP,I,(SEG-1)
235036.3 I	8P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .1664+C4	I .8660+C5
238651.8 I	8P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .1719+C4	I .1698+C6
64132.2 I	7P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .2942+C2	I .1507+C6
64442.5 I	7P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .2914+C2	I .7353+C5
27756.0 I	6P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .3292+C1	I .1039+C6
27831.4 I	6P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .3269+C1	I .2048+C6
12828.2 I	5P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .5417+C0	I .3466+C6
12914.6 I	5P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .5325+C0	I .1670+C6
5345.8 I	4P 1/2(1/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .6362-C1	I .2812+C6
5243.5 I	4P 1/2(3/2)1 - 9S 1/2(1/2)0	I .6427-C1	I .6021+C6

 I I
 IV.MEDIA = 457.4 NSEG.I
 I I

366

CONFIGURACIONES $3p^5np$

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
8117.5 I	4S 3/2(3/2)2 - 4P 3/2(5/2)3	I .2666+02	I .3365+08

I I
IV.MEDIA = 29.7 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
8427.0 I	4S 3/2(3/2)1 - 4P 3/2(5/2)2	I .2762+02	I .2805+08
8017.0 I	4S 3/2(3/2)2 - 4P 3/2(5/2)2	I .2658+02	I .3484+07

I I
IV.MEDIA = 31.7 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(3/2)1

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
8107.9	I	4S 3/2(3/2)1 - 4P 3/2(3/2)1	I	.2737+02	I	.2892+08
7725.9	I	4S 3/2(3/2)2 - 4P 3/2(3/2)1	I	.2629+02	I	.6417+07

I
IV.MEDIA = 28.3 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(3/2)2

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
8008.4	I	4S 3/2(3/2)1 - 4P 3/2(3/2)2	I	.2727+02	I	.3585+07
7637.2	I	4S 3/2(3/2)2 - 4P 3/2(3/2)2	I	.2617+02	I	.3571+08

I
IV.MEDIA = 25.4 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(1/2)0

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
7516.7	I	4S 3/2(3/2)1 - 4P 3/2(1/2)0	I	.2649+02	I	.4212+08

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (3/2)(1/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
9125.5 I	4S 3/2(3/2)2 - 4P 3/2(1/2)1	I .2685+02	I .1988+08
9650.4 I	4S 3/2(3/2)1 - 4P 3/2(1/2)1	I .2772+02	I .3461+07

I I
IV.MEDIA = 42.8 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (1/2)(1/2)0

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
7535.9 I	4S 1/2(1/2)1 - 4P 1/2(1/2)0	I .2662+02	I .4252+08

I I
IV.MEDIA = 23.5 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (1/2)(1/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
8266.8	I 4S 1/2(1/2)1 - 4P 1/2(1/2)1	I .2778+02	I .2214+08
7726.5	I 4S 1/2(1/2)2 - 4P 1/2(1/2)1	I .2627+02	I .1282+08

I
IV.MEDIA = 28.6 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (1/2)(3/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
8410.5	I 4S 1/2(1/2)1 - 4P 1/2(3/2)2	I .2739+02	I .3166+08

I
IV.MEDIA = 31.6 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4P (1/2)(3/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
8523.8	I 4S 1/2(1/2)1 - 4P 1/2(3/2)1	I .2796+02	I .1016+08
7950.4	I 4S 1/2(1/2)2 - 4P 1/2(3/2)1	I .2650+02	I .2374+08

I
IV.MEDIA = 29.5 NSEG.I
I

00
01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

EN A	I	TRANSICION		I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
28783.1	I	5S	3/2(3/2)2 - 5P	3/2(5/2)3	I	.1405+03	I .3980+07
30996.2	I	3D	3/2(5/2)3 - 5P	3/2(5/2)3	I	.7943+02NSI	.3088+06
28435.3	I	3D	3/2(5/2)2 - 5P	3/2(5/2)3	I	.6010+02NSI	.1714+05
20816.7	I	3D	3/2(3/2)2 - 5P	3/2(5/2)3	I	.3298+02NSI	.4936+05
25494.5	I	3D	3/2(7/2)3 - 5P	3/2(5/2)3	I	.5460+02NSI	.6357+05
23851.6	I	3D	3/2(7/2)4 - 5P	3/2(5/2)3	I	.4695+02NSI	.1802+07
4201.9	I	4S	3/2(3/2)2 - 5P	3/2(5/2)3	I	.2206+00	I .2009+07

I I

IV.MEDIA = 121.5 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5P (3/2)(5/2)2

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	P.T. (SEG-1)
29796.2	1	5S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(5/2)2	1	.1452+03	1 .3336+07
28321.9	1	5S 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(5/2)2	1	.1392+03	1 .4138+06
30462.0	1	3D 3/2(5/2)3 - 5P 3/2(5/2)2	1	.7743+02NSI	.2220+05
27985.0	1	3D 3/2(5/2)2 - 5P 3/2(5/2)2	1	.6625+02NSI	.3429+06
25067.5	1	3D 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(5/2)2	1	.9695+02NSI	.2733+05
20574.4	1	3D 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(5/2)2	1	.3177+02NSI	.4928+04
25131.9	1	3D 3/2(7/2)3 - 5P 3/2(5/2)2	1	.5296+02NSI	.1803+07
4301.3	1	4S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(5/2)2	1	.2013+00	1 .1537+07
4191.9	1	4S 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(5/2)2	1	.2611+00	1 .2394+06
I I					
IV-MEDIA = 129.4 NSEG.1					
I I					

VIDA MEDIA DEL NIVEL SP (3/2)(3/2)2

=====

```

=====
DEN A I TRANSICION I P.R.(D.A.)IP,I.(SEG-1)
=====
28245.5 I 55 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(3/2)2 I .1406+03 I .4215+06
=====
26935.9 I 55 3/2(3/2)7 - 5P 3/2(3/2)2 I .1344+03 I .4192+07
=====
26643.6 I 30 3/2(5/2)3 - 5P 3/2(3/2)2 I .7366+02NSI .1173+07
=====
26612.7 I 30 3/2(5/2)2 - 5P 3/2(3/2)2 I .6321+02NSI .9060+05
=====
32935.7 I 30 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(3/2)1 I .8905+02NSI .4515+06
=====
19222.9 I 30 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(3/2)2 I .2752+02NSI .6972+06
=====
18637.4 I 30 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(3/2)2 I .2277+02NSI .1187+06
=====
4267.5 I 45 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(3/2)2 I .2421+05 I .2981+06
=====
4155.8 I 45 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(3/2)2 I .4106+00 I .3467+07
=====

```

I I
IV.MEDIAN = 91.7 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5P (3/2)(1/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
33147.6 I	5S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)1	I .1516+03 I .4685+06
31232.2 I	5S 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(1/2)1	I .1461+03 I .2673+07
20031.3 I	3D 3/2(1/2)2 - 5P 3/2(1/2)1	I .3005+02NSI .4201+06
39834.2 I	3D 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)1	I .1059+03NSI .9810+05
22118.7 I	3D 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(1/2)1	I .3912+02NSI .1017+07
20652.8 I	3D 3/2(1/2)1 - 5P 3/2(1/2)1	I .3268+02NSI .8351+06
4265.0 I	4S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)1	I .3223-01 I .4362+05
4252.4 I	4S 3/2(3/2)2 - 5P 3/2(1/2)1	I .6455-01 I .4750+06
I	I	I
I	IV.MEDIA = 155.8 NSEG.I	I
I	I	I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5P (3/2)(1/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
25511.6 I	5S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)2	I .1269+03 I .5243+07
17436.7 I	3D 3/2(1/2)1 - 5P 3/2(1/2)2	I .1530+02NSI .1043+07
29230.3 I	3D 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)2	I .7409+02NSI .9957+06
4199.5 I	4S 3/2(3/2)1 - 5P 3/2(1/2)2	I .7069+00 I .6454+07
I	I	I
I	IV.MEDIA = 72.7 NSEG.I	I
I	I	I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5P (1/2)(3/2)2

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
27418.0	I	3D 1/2(5/2)3 - 5P 1/2(3/2)2	I	.6374+02NS1	.1754+07
26122.0	I	3D 1/2(5/2)2 - 5P 1/2(3/2)2	I	.5767+02NS1	.1311+06
26620.1	I	5S 1/2(1/2)1 - 5P 1/2(3/2)2	I	.1409+03	.4058+07
4334.8	I	4S 1/2(1/2)1 - 5P 1/2(3/2)2	I	.2064+00	.1711+07
32235.0	I	3D 1/2(3/2)1 - 5P 1/2(3/2)2	I	.8544+02NS1	.1723+05
27293.0	I	3D 1/2(3/2)2 - 5P 1/2(3/2)2	I	.6315+02NS1	.1088+06

IV.MEDIA = 127.2 NSEG.1

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5P (1/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
28202.2	I	5S 1/2(1/2)0 - 5P 1/2(3/2)1	I	.1385+03	.2779+07
29134.0	I	5S 1/2(1/2)1 - 5P 1/2(3/2)1	I	.1423+03	.1295+07
4346.4	I	4S 1/2(1/2)1 - 5P 1/2(3/2)1	I	.1652+00	.4529+06
4192.2	I	4S 1/2(1/2)0 - 5P 1/2(3/2)1	I	.2462+00	.1505+07
32888.4	I	3D 1/2(3/2)1 - 5P 1/2(3/2)1	I	.8775+02NS1	.1386+06
27760.0	I	3D 1/2(3/2)2 - 5P 1/2(3/2)1	I	.6514+02NS1	.3427+05
26550.2	I	3D 1/2(5/2)2 - 5P 1/2(3/2)1	I	.5956+02NS1	.1934+07

IV.MEDIA = 122.9 NSEG.1

[illegible]

IV. MEDIA = 122.9 NSEG.1

.....

IV. MEDIA = 82.9 NSEG. I

377

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (3/2)(5/2)3

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
67461.8	1	6S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.4290+03	1	.9450+06
44271.9	1	4D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1493+03	1	.2324+05
58121.0	1	4D 3/2(5/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.2826+03	1	.8332+04
62526.6	1	4D 3/2(5/2)3 - 6P 3/2(5/2)3	1	.3220+03	1	.1928+06
51216.4	1	4D 3/2(7/2)3 - 6P 3/2(5/2)3	1	.2100+03	1	.3114+05
46691.2	1	4D 3/2(7/2)4 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1727+03	1	.8640+06
12992.3	1	5S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1123+01	1	.3456+06
13424.9	1	3D 3/2(5/2)3 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1758+01NSI	1	.8413+05
12920.9	1	3D 3/2(5/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1614+01NSI	1	.4069+04
11078.6	1	3D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1531+01NSI	1	.1521+05
12277.4	1	3D 3/2(7/2)3 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1002+01NSI	1	.1678+05
11863.2	1	3D 3/2(7/2)4 - 6P 3/2(5/2)3	1	.1740+01NSI	1	.5422+06
3568.7	1	4S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)3	1	.3994-01	1	.5935+06

I I
 IV.MEDIA = 274.0 NSEG.I
 I I

378

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (3/2)(5/2)2

=====

LN	A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
69847.0	I	6S	3/2(3/2)1 - 6P 3/2(5/2)2	I	.4441+03	I	.7921+06
66277.4	I	6S	3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.4241+03	I	.9637+05
61507.8	I	4D	3/2(5/2)3 - 6P 3/2(5/2)2	I	.3135+03	I	.1092+05
57239.7	I	4D	3/2(5/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.2740+03	I	.1658+06
74398.7	I	4D	3/2(3/2)1 - 6P 3/2(5/2)2	I	.4218+03	I	.1245+05
44271.9	I	4D	3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1493+03	I	.2324+04
50530.8	I	4D	3/2(7/2)3 - 6P 3/2(5/2)2	I	.2093+03	I	.8766+06
13247.4	I	5S	3/2(3/2)1 - 6P 3/2(5/2)2	I	.9941+00	I	.2599+06
12947.7	I	5S	3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1305+01	I	.4061+05
13377.4	I	3D	3/2(5/2)3 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1817+01NSI	I	.6151+04
12876.9	I	3D	3/2(5/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1657+01NSI	I	.9668+05
14196.1	I	3D	3/2(3/2)1 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1636+01NSI	I	.6952+04
11046.1	I	3D	3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1521+01NSI	I	.1524+04
12237.6	I	3D	3/2(7/2)3 - 6P 3/2(5/2)2	I	.1824+01NSI	I	.5376+06
3644.1	I	4S	3/2(3/2)1 - 6P 3/2(5/2)2	I	.3543-01	I	.4450+06
3565.3	I	4S	3/2(3/2)2 - 6P 3/2(5/2)2	I	.5044-01	I	.7517+05

I
IV.MEDIA = 291.5 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL GP (3/2)(3/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
66205.0 I	6S 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .4269+03	I .9930+05
62989.4 I	6S 3/2(3/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .4004+03	I .9082+06
58665.8 I	4D 3/2(5/2)3 - GP 3/2(3/2)2	I .2064+03	I .5632+06
54770.5 I	4D 3/2(5/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .2480+03	I .4292+05
70280.5 I	4D 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .3910+03	I .2434+05
42300.8 I	4D 3/2(3/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .1257+03	I .3230+06
28179.2 I	4D 3/2(1/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .8797+02	I .5337+05
13110.6 I	5S 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .1557+01	I .4067+05
12817.0 I	5S 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .1897+01	I .6084+05
13237.9 I	3D 3/2(5/2)3 - GP 3/2(3/2)2	I .1970+01NSI	.3073+06
12747.6 I	3D 3/2(5/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .1961+01NSI	.2085+05
14039.2 I	3D 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)1	I .1066+01NSI	.1214+06
10950.9 I	3D 3/2(3/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .1474+01NSI	.2184+06
10579.1 I	3D 3/2(1/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .1300+01NSI	.3725+05
3633.7 I	4S 3/2(3/2)1 - GP 3/2(3/2)2	I .6929-01	I .9754+05
3555.3 I	4S 3/2(3/2)2 - GP 3/2(3/2)2	I .8601-01	I .1190+07

I I
IV-MEDIA = 236.3 NSEC.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (3/2)(3/2)1

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
66799.8	I	6S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.4300+03	I	.8119+06
63527.6	I	6S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.4095+03	I	.1798+06
55177.0	I	4D 3/2(5/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.2529+03	I	.6406+06
70918.4	I	4D 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.3960+03	I	.2000+06
42542.9	I	4D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1287+03	I	.6018+05
13133.8	I	5S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1455+01	I	.3615+06
12839.1	I	5S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1791+01	I	.9526+05
12769.5	I	3D 3/2(5/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1946+01	NSI	.3976+06
10967.0	I	3D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1484+01	NSI	.4052+05
14065.7	I	3D 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1626+01	NSI	.1183+06
10594.2	I	3D 3/2(1/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1319+01	NSI	.1246+05
10428.2	I	3D 3/2(1/2)0 - 6P 3/2(3/2)1	I	.1241+01	NSI	.2463+05
38376.2	I	4D 3/2(1/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.9032+02	I	.1799+05
36429.1	I	4D 3/2(1/2)0 - 6P 3/2(3/2)1	I	.7371+02	I	.3432+05
3557.0	I	4S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(3/2)1	I	.8096-01	I	.2025+06
3635.5	I	4S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(3/2)1	I	.6279-01	I	.7355+06

I
IV.MEDIA = 254.3 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (3/2)(1/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
76418.7 I	6S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .4673+03	I .1179+06
72166.2 I	6S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .4465+03	I .6713+06
81900.7 I	4D 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .4687+03	I .4602+05
46250.5 I	4D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .1720+03	I .4891+06
41367.6 I	4D 3/2(1/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .1257+03	I .3999+06
39114.0 I	4D 3/2(1/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .1052+03	I .1975+06
13467.0 I	5S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .3289+00	I .1516+05
13157.5 I	5S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .5522+00	I .1364+06
14448.7 I	3D 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .1241+01NSI	.2315+05
11198.4 I	3D 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .1543+01NSI	.3093+06
10637.2 I	3D 3/2(1/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .1373+01NSI	.2568+06
10210.0 I	3D 3/2(1/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .1431+01NSI	.2550+06
3560.6 I	4S 3/2(3/2)1 - 6P 3/2(1/2)1	I .4563-02	I .1047+05
3581.0 I	4S 3/2(3/2)2 - 6P 3/2(1/2)1	I .1160-01	I .1429+06

I I
IV.MEDIA = 325.4 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (1/2)(3/2)2
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP,I.(SEG-1)
3671.7 I	4S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)2	I .3458+01	I .4718+06
67953.2 I	6S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)2	I .4337+03	I .9376+06
61608.6 I	4D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(3/2)2	I .3144+03	I .9080+04
49159.6 I	4D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(3/2)2	I .1955+03	I .1000+06
53146.0 I	4D 1/2(5/2)3 - 6P 1/2(3/2)2	I .2345+03	I .8863+06
49601.9 I	4D 1/2(5/2)2 - 6P 1/2(3/2)2	I .1993+03	I .6635+05
13054.7 I	5S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)2	I .1252+01	I .3801+06
13758.5 I	3D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(3/2)2	I .1775+01NSI	.4603+04
12771.5 I	3D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(3/2)2	I .1875+01NSI	.5470+05
12509.2 I	3D 1/2(5/2)2 - 6P 1/2(3/2)2	I .1863+01NSI	.3857+05
12799.0 I	3D 1/2(5/2)3 - 6P 1/2(3/2)2	I .1875+01NSI	.5073+06

I
IV.MEDIA = 289.3 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (1/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
69041.7	I	6S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)1	I	.4390+03	I	.3003+06
66089.9	I	6S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(3/2)1	I	.4224+03	I	.6587+06
62586.9	I	4D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(3/2)1	I	.3232+03	I	.7420+05
49780.5	I	4D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(3/2)1	I	.2024+03	I	.1847+05
50234.1	I	4D 1/2(5/2)2 - 6P 1/2(3/2)1	I	.2069+03	I	.9919+06
13098.1	I	5S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)1	I	.1078+01	I	.1080+06
12906.4	I	5S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(3/2)1	I	.1279+01	I	.2678+06
13806.7	I	3D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(3/2)1	I	.1709+01	NSI	.3653+05
12813.0	I	3D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(3/2)1	I	.1838+01	NSI	.9836+04
12549.1	I	3D 1/2(5/2)2 - 6P 1/2(3/2)1	I	.1835+01	NSI	.5644+06
3675.1	I	4S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(3/2)1	I	.2597-01	I	.1178+06
3564.3	I	4S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(3/2)1	I	.4546-01	I	.4520+06

I I
IV.MEDIA = 277.8 NSEG.1
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (1/2)(1/2)1
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP, I. (SEG-1)
69447.8 I	6S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)1	I .4406+03	I .5924+06
66462.0 I	6S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(1/2)1	I .4242+03	I .3252+06
12920.5 I	5S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(1/2)1	I .1220+01	I .1274+06
13112.7 I	5S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)1	I .1022+01	I .2042+06
3676.3 I	4S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)1	I .2335+01	I .2116+06
3565.4 I	4S 1/2(1/2)0 - 6P 1/2(1/2)1	I .4215+01	I .2093+06
62920.4 I	4D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)1	I .3262+03	I .1474+06
49991.3 I	4D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(1/2)1	I .2048+03	I .9224+06
12826.9 I	3D 1/2(3/2)2 - 6P 1/2(1/2)1	I .1025+01NSI	I .4867+06
13822.9 I	3D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)1	I .1686+01NSI	I .7104+06

I I
IV.MEDIA = 333.2 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (1/2)(1/2)0
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
61377.9 I	6S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .3973+03	I .1160+07
56223.1 I	4D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .2606+03	I .9904+06
12795.0 I	5S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .2476+01	I .7983+06
13470.4 I	3D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .2112+01	INSI .5836+06
3650.9 I	4S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .1109+00	I .1540+07

I
IV.MEDIA = 197.1 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6P (1/2)(1/2)0
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-2)
61377.9 I	6S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .4259+03	I .1256+07
56223.1 I	4D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .2261+03	I .8593+06
12795.0 I	5S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .1291+01	I .4161+06
13470.4 I	3D 1/2(3/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .1872+01	INSI .5173+06
3650.9 I	4S 1/2(1/2)1 - 6P 1/2(1/2)0	I .3898+01	I .5412+06

I
IV.MEDIA = 278.56 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(5/2)3

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
28387.2	I	6S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.4067+01	I	.1291+06
130596.1	I	7S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.1019+04	I	.3086+06
114140.9	I	5D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.8791+03	I	.6644+05
118260.2	I	5D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.7978+03	I	.3640+04
19376.7	I	5D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.5195+03	I	.9828+04
65637.9	I	5D 3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.6139+03	I	.1354+05
15492.0	I	5D 3/2(7/2)4 - 7P 3/2(5/2)3	I	.4606+03	I	.3841+06
23260.3	I	4D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.8649+01	I	.9282+04
26589.0	I	4D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.9731+01	I	.2996+04
27474.6	I	4D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.9450+01	I	.5275+05
25044.5	I	4D 3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.9651+01	I	.1185+05
13911.3	I	4D 3/2(7/2)4 - 7P 3/2(5/2)3	I	.9122+01	I	.3478+06
10269.8	I	5S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.1558+00	I	.9714+05
16538.3	I	3D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.3943+00NSI	I	.3900+05
10225.2	I	3D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.4150+00NSI	I	.2247+04
9036.0	I	3D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.3750+00NSI	I	.6665+04
9817.9	I	3D 3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)3	I	.4225+00NSI	I	.8614+04
9564.2	I	3D 3/2(7/2)4 - 7P 3/2(5/2)3	I	.4157+00NSI	I	.2475+06
5326.5	I	4S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)3	I	.1517-01	I	.2783+06

I
IV. MEDIA = 496.9 NSEG. I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
28897.5 I 6S	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .3607+01	I .9085+05
124903.5 I 7S	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .1051+04	I .2602+06
128103.3 I 7S	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .1003+04	I .3221+05
112232.1 I 5D	3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .8520+03	I .4884+04
106541.6 I 5D	3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .7716+03	I .7241+05
141554.8 I 5D	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .1216+04	I .5212+04
88202.0 I 5D	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .4986+03	I .9814+03
54294.2 I 5D	3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .5910+03	I .3608+06
28267.6 I 6S	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .4636+01	I .1386+05
27362.6 I 4D	3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .9689+01	I .3833+04
26464.1 I 4D	3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .9896+01	I .6044+05
29647.9 I 4D	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .8180+01	I .3816+04
23180.0 I 4D	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .8559+01	I .9281+03
24951.3 I 4D	3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .9687+01	I .3369+06
10441.2 I 5S	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .1298+00	I .6931+05
10254.1 I 5S	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .1968+00	I .1233+05
10521.8 I 3D	3/2(5/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .4104+00	NSI .2855+04
10209.6 I 3D	3/2(5/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .4275+00	NSI .4558+05
11021.7 I 3D	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .3582+00	NSI .3252+04
9023.8 I 3D	3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2	I .3737+00	NSI .6869+03
9803.6 I 3D	3/2(7/2)3 - 7P 3/2(5/2)2	I .4300+00	NSI .2466+06
3393.3 I 4S	3/2(3/2)1 - 7P 3/2(5/2)2	I .1353+01	I .2105+06

3324.8 I 4S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(5/2)2 I .1985-01 I .3642+05

I
IV.MEDIA = 527.7 NSEG.1
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(3/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.P.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
28560.2 I	6S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .5206+01	I .1509+05
127356.0 I	7S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .1006+04	I .3251+05
121731.6 I	7S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .9566+03	I .3223+06
107311.1 I	5D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(3/2)2	I .7780+03	I .2500+06
102097.1 I	5D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .7011+03	I .1869+05
133815.1 I	5D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .1131+04	I .1020+05
85133.9 I	5D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .4426+03	I .1395+06
75262.7 I	5D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .2952+03	I .2338+05
27944.8 I	6S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .6288+01	I .1751+06
27060.1 I	4D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(3/2)2	I .1024+02	I .2052+06
26200.6 I	4D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .1024+02	I .1614+05
29293.0 I	4D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .9224+01	I .7930+04
22962.5 I	4D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2	I .8231+01	I .1322+06
21691.3 I	4D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .6748+01	I .2232+05
10396.8 I	5S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .2469+00	I .1484+05
10211.3 I	5S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2	I .3296+00	I .2091+05
10476.7 I	3D 3/2(5/2)3 - 7P 3/2(3/2)2	I .4507+00	CONSI .1557+06

```

-----
10167.2 I 3D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(3/2)2 I .4572+00NSI .1234+05
-----
10972.3 I 3D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2 I .4135+00NSI .6765+04
-----
8990.7 I 3D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2 I .3659+00NSI .9791+05
-----
8738.6 I 3D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(3/2)2 I .3274+00NSI .1657+05
-----
3388.6 I 4S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)2 I .2750-01 I .4774+05
-----
3320.3 I 4S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)2 I .3563-01 I .5917+06
-----

```

```

-----
I I
IV.MEDIA = 428.3 NSEG.I
I I
-----

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(3/2)1

=====

```

=====
EN A I TRANSICION I P.R.(O.A.)IP.I.(SEG-1)
=====
28614.2 I 6S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .4937+01 I .1186+56
-----
128949.2 I 7S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .1014+04 I .2601+00
-----
122717.5 I 7S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .9642+03 I .5873+05
-----
135007.4 I 5D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .1145+04 I .8381+05
-----
85614.9 I 5D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .4515+03 I .2591+05
-----
102789.7 I 5D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .7125+03 I .2791+06
-----
75639.4 I 5D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .5023+03 I .7862+04
-----
65459.2 I 5D 3/2(1/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .2042+03 I .1425+05
-----
27996.5 I 6S 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .6014+01 I .3085+05
-----
26246.0 I 4D 3/2(5/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .1019+02 I .2399+06
-----
29349.8 I 4D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .9064+01 I .6456+05
-----
22997.3 I 4D 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(3/2)1 I .8292+01 I .2485+05
-----
19404.0 I 5S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(3/2)1 I .2258+00 I .1128+06
-----

```

```

10218.2 I 5S 3/2(3/2)2 - 7P 5/2(3/2)1 I .3363+00 I .5251+05
10174.0 I 3D 3/2(5/2)2 - 7P 5/2(3/2)1 I .4529+00NSI .1830+06
8996.0 I 3D 3/2(3/2)2 - 7P 5/2(3/2)1 I .5676+00NSI .1818+05
10950.3 I 3D 3/2(3/2)1 - 7P 5/2(3/2)1 I .4049+00NSI .5507+05
8743.6 I 3D 3/2(1/2)1 - 7P 5/2(5/2)1 I .5299+00NSI .5556+04
8630.3 I 3D 3/2(1/2)0 - 7P 5/2(3/2)1 I .3117+00NSI .1092+05
2172.4 I 4D 3/2(1/2)1 - 7P 5/2(3/2)1 I .6830+01 I .7501+04
21084.5 I 4D 3/2(1/2)0 - 7P 5/2(3/2)1 I .6013+01 I .1444+05
3321.0 I 4S 3/2(3/2)2 - 7P 5/2(3/2)1 I .3281-01 I .1008+06
3389.3 I 4S 3/2(3/2)1 - 7P 5/2(5/2)1 I .2494-01 I .5604+06
I I
IV.MEDIA = 472.8 NSEG.I
I I

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(1/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
29309.4	I	65 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.1980+01	I	.8652+04
144377.3	I	75 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.1108+04	I	.4113+05
136615.8	I	75 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.1053+04	I	.2324+06
152021.9	I	50 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.1315+04	I	.2106+05
92155.7	I	50 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.5678+03	I	.2041+06
80698.5	I	50 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.3961+03	I	.1697+06
72572.6	I	50 3/2(1/2)0 - 7P 3/2(1/2)1	I	.2786+03	I	.8187+05
28661.7	I	65 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.2869+01	I	.6858+05
30081.7	I	40 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.6811+01	I	.1408+05
23444.3	I	40 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.8791+01	I	.1920+06
22120.8	I	40 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.7686+01	I	.1599+06
21459.6	I	40 3/2(1/2)0 - 7P 3/2(1/2)1	I	.6988+01	I	.7959+05
10494.5	I	55 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.3675-01	I	.3579+04
10305.5	I	55 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.7933-01	I	.4079+05
11081.1	I	30 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.2893+00NS1	I	.1196+05
8692.5	I	30 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)1	I	.3360+00NS1	I	.1152+06
3330.2	I	45 3/2(3/2)2 - 7P 3/2(1/2)1	I	.6824-02	I	.1040+06

1
IV.MEDIA = 645.7 NSEG-1
1

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (3/2)(1/2)0

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
27586.5	I	6S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.1054+02	I .3390+06
110409.4	I	7S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.8515+03	I .4273+06
114825.1	I	5D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.8726+03	I .1946+06
68857.7	I	5D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.1776+03	I .1837+06
28269.6	I	4D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.1143+02	I .1708+06
21125.0	I	4D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.4916+01	I .1761+06
10264.9	I	5S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.7580+00	I .4733+06
10825.5	I	3D 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.5448+00	NSI .1450+06
8645.2	I	3D 3/2(1/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.2575+00	NSI .1345+06
3374.4	I	4S 3/2(3/2)1 - 7P 3/2(1/2)0	I	.9380-01	I .1649+07
I I					
IV.MEDIA = 256.9 NSEG.I					
I I					

VIA MEDIA DEL NIVEL 7P (1/2)(3/2)2
=====

EN A J	TRANSICION	I P.F.(U.A.)IP,I.(SEG-1)
128329.5 I	7S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.1009+04 I .3187+06
28594.6 I	6S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.4252+01 I .1028+06
10326.9 I	5S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.1847+00 I .1132+06
3417.8 I	4S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.1321-01 I .2234+06
10762.4 I	3D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.3959+00NSI .2145+04
10148.8 I	3D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.4240+00NSI .2523+05
9982.6 I	3D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.4356+00NSI .1774+05
10166.2 I	3D 1/2(5/2)3 - 7P 1/2(3/2)2 I	.4236+00NSI .2341+06
25608.2 I	4D 1/2(5/2)3 - 7P 1/2(3/2)2 I	.9908+01 I .3347+06
24755.9 I	4D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.9629+01 I .2972+05
24645.2 I	4D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.9577+01 I .3002+05
27423.3 I	4D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.9743+01 I .3152+04
118329.6 I	5D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)2 I	.9204+03 I .3796+04
77789.0 I	5D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.3403+03 I .4395+05
66731.8 I	5D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)2 I	.4748+03 I .2949+05
98921.6 I	5D 1/2(5/2)3 - 7P 1/2(3/2)2 I	.5371+03 I .4067+06

I I
IV.MEDIA = 514.5 NSEG.1
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (1/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.I.(SEG-1)
87873.5	I	5D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.4954+03	I	.4438+06
78706.1	I	5D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.3574+03	I	.2251+04
120775.8	I	5D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.9669+03	I	.3089+05
27536.4	I	4D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.9507+01	I	.2562+05
24736.6	I	4D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.9570+01	I	.7116+04
24848.1	I	4D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.9613+01	I	.3609+06
9997.5	I	3D 1/2(5/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.4262+00	NSI	.2592+06
10164.3	I	3D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(3/2)1	I	.4224+00	NSI	.4520+04
10779.8	I	3D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.3773+00	NSI	.1695+05
3237.0	I	4S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.2611-01	I	.1733+06
3323.4	I	4S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(3/2)1	I	.1730-01	I	.2122+06
10223.0	I	5S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(3/2)1	I	.1877+00	I	.7909+05
10342.9	I	5S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.1443+00	I	.2937+05
28717.6	I	6S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.3687+01	I	.3505+05
28193.9	I	6S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(3/2)1	I	.4543+01	I	.9126+05
129791.0	I	7S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(3/2)1	I	.1014+04	I	.2087+06
131364.6	I	7S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(3/2)1	I	.1025+04	I	.1018+06

I
IV.MEDIA = 474.4 NSEGO.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (1/2)(1/2):

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U,A,IP,I,(SEG-1)
10771.0 I 3D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .3867+05	I .3453+05
10156.5 I 3D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(1/2)1	I .4263+05	I .2301+06
24690.7 I 4D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(1/2)1	I .9576+01	I .3500+06
27479.6 I 4D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .9631+01	I .5224+05
119690.2 I 5D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .9526+03	I .6253+05
72243.6 I 5D 1/2(3/2)2 - 7P 1/2(1/2)1	I .3488+03	I .4098+06
128538.1 I 7S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(1/2)1	I .1006+04	I .1066+06
135781.3 I 7S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .1017+04	I .2080+06
28555.8 I 6S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .3967+01	I .7591+05
28134.3 I 6S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(1/2)1	I .4834+01	I .4906+05
10215.2 I 5S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(1/2)1	I .2594+00	I .4422+05
10334.9 I 5S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .1640+00	I .6609+05
3418.7 I 4S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)1	I .1117+01	I .1258+06
3322.6 I 4S 1/2(1/2)0 - 7P 1/2(1/2)1	I .1973+01	I .1211+06

 I
 IV.MEDIA = 514.2 NSEG,I
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7P (1/2)(1/2)C
=====

EN A I	TRANSICION	I P.P. (U.A.)	I P.I. (SEG-1)
3407.2 I	4S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .5056+01	I .8633+06
10230.4 I	5S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .5138+00	I .3241+06
27366.6 I	6S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .8062+01	I .2516+06
115261.8 I	7S 1/2(1/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .9014+03	I .3975+06
107328.6 I	5D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .7659+03	I .4219+06
26752.9 I	4D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .1073+02	I .3786+06
10657.6 I	3D 1/2(3/2)1 - 7P 1/2(1/2)C	I .4931+00	NSI .2751+06

I
IV.MEDIA = 343.4 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (3/2)(5/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	IP, I. (SEG-1)
224341.0 I	8S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .2065+04	I .1235+06
52385.4 I	7S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .1043+02	I .4899+05
21432.0 I	6S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .6016+00	I .4127+05
9190.8 I	5S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .4607-01	I .4008+05
3204.6 I	4S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .7808-02	I .1602+06
193595.8 I	6D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .2005+04	I .3200+05
191501.0 I	6D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .1968+04	I .1622+04
185034.3 I	6D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .1849+04	I .3941+04
173876.7 I	6D 3/2(7/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .1635+04	I .6003+04
143719.5 I	6D 3/2(7/2)4 - 8P 3/2(5/2)3	I .1024+04	I .1796+06
43235.6 I	5D 3/2(7/2)4 - 8P 3/2(5/2)3	I .2667+02	I .1719+06
45686.7 I	5D 3/2(7/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .2862+02	I .5791+04
44207.3 I	5D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .2767+02	I .4326+04
48381.4 I	5D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .2854+02	I .1459+04
49521.6 I	5D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .2703+02	I .2653+05
20907.7 I	4D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .2223+01	I .2816+05
20390.9 I	4D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .2344+01	I .1601+04
18374.3 I	4D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3	I .2282+01	I .4969+04
19470.0 I	4D 3/2(7/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .2425+01	I .6340+04
18778.1 I	4D 3/2(7/2)4 - 8P 3/2(5/2)3	I .2365+01	I .1860+06
8621.5 I	3D 3/2(7/2)4 - 8P 3/2(5/2)3	I .1637+00	ONSI .1331+06
8927.2 I	3D 3/2(7/2)3 - 8P 3/2(5/2)3	I .1657+00	ONSI .4648+04

```

-----
8190.0 I 3D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)3 I .1488+00NSI .3659+04
-----
9155.0 I 3D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(5/2)3 I .1615+00NSI .1218+04
-----
9405.2 I 3D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(5/2)3 I .1525+00NSI .2122+05
-----

```

```

-----
I
IV.MEDIA = 837.6 NSEG.I
I
-----

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (3/2)(5/2)2

```

=====
EN A I TRANSICION I P.P.(U.A.)IP,I.(SEG-1)
=====
220536.1 I 8S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .2035+04 I .1201+05
-----
237664.8 I 8S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .2178+04 I .9860+05
-----
53268.8 I 7S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .9130+01 I .3671+05
-----
52175.2 I 7S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .1155+02 I .5492+04
-----
21396.7 I 6S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .7095+00 I .4591+04
-----
21755.6 I 6S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .4852+00 I .2864+05
-----
9334.0 I 5S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .3483-01 I .2603+05
-----
9184.3 I 5S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .5901-01 I .5144+04
-----
3203.8 I 4S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .9962-02 I .2045+05
-----
3267.3 I 4S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .6659-02 I .1164+06
-----
150755.8 I 6D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(5/2)2 I .1952+04 I .2279+04
-----
168721.7 I 6D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .1914+04 I .3232+05
-----
277993.4 I 6D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(5/2)2 I .3231+04 I .1028+04
-----
162438.2 I 6D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(5/2)2 I .1797+04 I .3997+03
-----

```

171582.3	I	6D	3/2(7/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1586+04	I	.1697+05
45526.8	I	5D	3/2(7/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2868+02	I	.1640+06
44057.5	I	5D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2756+02	I	.4353+03
49333.7	I	5D	3/2(5/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2837+02	I	.1915+04
48202.0	I	5D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2803+02	I	.2731+05
54275.8	I	5D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2204+02	I	.1676+04
22178.3	I	4D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1811+01	I	.2518+04
18348.4	I	4D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2275+01	I	.4974+03
20358.9	I	4D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2395+01	I	.2225+05
20874.1	I	4D	3/2(5/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2237+01	I	.2035+04
19440.9	I	4D	3/2(7/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.2442+01	I	.1600+06
8821.2	I	3D	3/2(7/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1683+00	CONSI	.1325+05
9398.4	I	3D	3/2(5/2)3	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1580+00	CONSI	.1543+04
9148.6	I	3D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1659+00	CONSI	.2452+05
8184.8	I	3D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1484+00	CONSI	.3635+03
9795.3	I	3D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(5/2)2	I	.1362+00	CONSI	.1761+04

I I
IV.MEDIA = 890.0 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL BP (3/2)(3/2)2

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
47915.2	I	6D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.3909+01	I	.1200+04
260416.7	I	6D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.3038+04	I	.3717+04
174699.9	I	6D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1635+04	I	.5964+05
180453.2	I	6D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1748+04	I	.8438+04
182312.2	I	6D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1784+04	I	.1169+06
48749.8	I	5D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2974+02	I	.1019+06
47644.5	I	5D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2985+02	I	.7830+04
53569.9	I	5D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2514+02	I	.3534+04
43591.2	I	5D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2693+02	I	.6324+05
40848.0	I	5D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2226+02	I	.1103+05
17453.3	I	4D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1894+01	I	.1203+05
22059.5	I	4D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2091+01	I	.4210+04
18267.0	I	4D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2229+01	I	.7112+05
20258.8	I	4D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2531+01	I	.8633+04
20768.9	I	4D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(3/2)2	I	.2471+01	I	.1095+06
9377.0	I	3D 3/2(5/2)3 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1741+00NSI	I	.8386+05
9128.3	I	3D 3/2(5/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1779+00NSI	I	.6633+04
8168.6	I	3D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1453+00NSI	I	.5184+05
9772.1	I	3D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)2	I	.1578+00NSI	I	.3653+04

7959.9	I	3D	3/2(1/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1303+00	NSI	.8724+04
3201.3	I	4S	3/2(3/2)2 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1836-01	I	.3401+06
3264.7	I	4S	3/2(3/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1402-01	I	.2720+05
9312.9	I	5S	3/2(3/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.7695-01	I	.6434+04
9163.8	I	5S	3/2(3/2)2 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1091+00	I	.8618+05
21286.1	I	6S	3/2(3/2)2 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1095+01	I	.6898+05
21641.3	I	6S	3/2(3/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.8304+00	I	.5533+04
52588.7	I	7S	3/2(3/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1273+02	I	.5910+04
51522.5	I	7S	3/2(3/2)2 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1523+02	I	.6766+05
209327.8	I	8S	3/2(3/2)2 - 8P	3/2(3/2)2	I	.1935+04	I	.1282+06
224698.9	I	8S	3/2(3/2)1 - 8P	3/2(3/2)2	I	.2081+04	I	.1239+05

 I I
 IV.MEDIA = 672.8 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (3/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.P. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
211376.3	I	8S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)1	I	.1955+04	I .2329+05
227361.1	I	8S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)1	I	.2100+04	I .1010+06
52717.0	I	7S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)1	I	.1202+02	I .4618+05
51645.7	I	7S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)1	I	.1451+02	I .1186+05
21307.1	I	6S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(3/2)1	I	.1016+01	I .1183+05
21663.0	I	6S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)1	I	.7587+00	I .4200+05
9317.0	I	5S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(3/2)1	I	.6775-01	I .4715+05

9167.7	I	5S	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.9853-01	I	.1439+05
3201.8	I	4S	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1657-01	I	.5684+05
3265.2	I	4S	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1242-01	I	.2007+06
7868.7	I	3D	3/2(1/2)0	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1243+00NSI		.5745+04
7962.9	I	3D	3/2(1/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1315+00NSI		.2932+04
9776.5	I	3D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1537+00NSI		.2963+05
8171.7	I	3D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1461+00NSI		.9642+04
9132.1	I	3D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1758+00NSI		.9821+05
20277.8	I	4D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2508+01	I	.1280+06
18282.5	I	4D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2240+01	I	.1320+05
22082.0	I	4D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2039+01	I	.3410+05
17467.5	I	4D	3/2(1/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1915+01	I	.4044+04
17052.6	I	4D	3/2(1/2)0	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1717+01	I	.7796+04
38726.4	I	5D	3/2(1/2)0	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1780+02	I	.6900+04
40925.4	I	5D	3/2(1/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2254+02	I	.3702+04
53703.1	I	5D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2457+02	I	.2857+05
43679.4	I	5D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2708+02	I	.1171+05
47749.8	I	5D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.2972+02	I	.1161+06
68943.2	I	6D	3/2(5/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.5785+02	I	.7511+05
176124.5	I	6D	3/2(3/2)2	-	8P	3/2(3/2)1	I	.1666+04	I	.1098+05
263594.8	I	6D	3/2(3/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.3075+04	I	.3024+05
110089.8	I	6D	3/2(1/2)1	-	8P	3/2(3/2)1	I	.3507+03	I	.2958+04
115284.4	I	6D	3/2(1/2)0	-	8P	3/2(3/2)1	I	.4397+03	I	.6460+04

I I
IV.MEDIA = 846.6 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (3/2)(1/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.P.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
266134.4	I	8S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2338+04	I .1396+05
244340.2	I	8S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2203+04	I .8446+05
53430.0	I	7S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.5507+01	I .2032+05
54577.4	I	7S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.3581+01	I .2480+04
21970.8	I	6S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.7649-01	I .8118+03
21604.8	I	6S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1936+00	I .1080+05
9222.4	I	5S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.5557-02	I .3987+04
9373.4	I	5S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1711-03	I .2338+02
3272.1	I	4S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1522-03	I .4891+03
3208.4	I	4S 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1039-02	I .1771+05
317752.9	I	6D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.3573+04	I .6268+04
158759.7	I	6D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2101+04	I .7531+05
118527.0	I	6D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.5493+03	I .7427+05
124570.3	I	6D 3/2(1/2)0 - 8P 3/2(1/2)1	I	.6653+03	I .3874+05
29721.0	I	5D 3/2(1/2)0 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2184+02	I .3922+05
42037.8	I	5D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2539+02	I .7695+05
44948.9	I	5D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2763+02	I .8561+05
55635.0	I	5D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1573+02	I .5141+04
22401.9	I	4D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1271+01	I .6361+04
18501.2	I	4D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2270+01	I .1008+06
17667.0	I	4D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.2105+01	I .8592+05
17242.7	I	4D 3/2(1/2)0 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1970+01	I .4326+05

7709.0	I	3D 3/2(1/2)0 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1353+00NSI	.3078+05
8004.1	I	3D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1397+00NSI	.6132+05
9838.7	I	3D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)1	I	.9465-01NSI	.5593+04
8215.1	I	3D 3/2(3/2)2 - 8P 3/2(1/2)1	I	.1473+00NSI	.7475+05

I
IV.MEDIA = 1035.9 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (3/2)(1/2)0

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
198533.2	I	8S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.1826+04	I .1573+06
51321.7	I	7S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2193+02	I .1115+06
21371.2	I	6S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.1910+01	I .1322+06
9262.6	I	5S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2327+00	I .1977+06
3258.5	I	4S 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.4122-01	I .8045+06
7923.1	I	3D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.1088+00NSI	.7388+05
9716.6	I	3D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2017+00NSI	.7424+05
21778.9	I	4D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2665+01	I .8710+05
17277.2	I	4D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.1560+01	I .1022+06
39896.3	I	5D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.1800+02	I .9574+05
51944.8	I	5D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.3096+02	I .7460+05
226039.6	I	6D 3/2(3/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2557+04	I .7475+05
102946.3	I	6D 3/2(1/2)1 - 8P 3/2(1/2)0	I	.2008+03	I .6214+05

I
IV.MEDIA = 498.3 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 9P (1/2)(3/2)2
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP,I.(SEG-1)
227982.1 I	8S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .2161+04	I .1197+06
52365.9 I	7S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .1144+02	I .5262+05
21595.6 I	6S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .6221+00	I .4172+05
9244.8 I	5S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .5442+01	I .4652+05
3290.3 I	4S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .6497+02	I .1272+06
905.6 I	3D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .5796+02NAI	.4907+05
9101.9 I	3D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .1687+00NSI	.1389+05
8967.9 I	3D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .1699+00NSI	.9547+04
9115.8 I	3D 1/2(5/2)3 - 8P 1/2(3/2)2	I .1684+00NSI	.1261+06
19847.5 I	4D 1/2(5/2)3 - 8P 1/2(3/2)2	I .2463+01	I .1787+06
19331.7 I	4D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .2452+01	I .1375+05
19264.1 I	4D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .2446+01	I .2880+05
20920.7 I	4D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .2302+01	I .1670+04
50597.5 I	5D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .2753+02	I .1425+04
41340.2 I	5D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .2370+02	I .2035+05
43736.9 I	5D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .2722+02	I .1316+05
44753.1 I	5D 1/2(5/2)3 - 8P 1/2(3/2)2	I .2820+02	I .1775+06
155777.7 I	6D 1/2(5/2)3 - 8P 1/2(3/2)2	I .1264+04	I .1897+06
147392.6 I	6D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .1591+04	I .1385+05
137947.3 I	6D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)2	I .8931+03	I .2072+05
946430.5 I	6D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)2	I .5618+04	I .4475+02

I I
IV.MEDIA = 859.5 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 8P (1/2)(3/2)1
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
213894.8 I 6D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .2350+04	I .1351+05	
145496.9 I 6D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .3080+04	I .3948+04	
156172.1 I 6D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .1298+04	I .2071+06	
44478.8 I 5D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .2761+02	I .1907+06	
42032.5 I 5D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .2528+02	I .3840+04	
51593.2 I 5D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .2380+02	I .9752+04	
21099.0 I 4D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .1955+01	I .1173+05	
19436.7 I 4D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .2328+01	I .3585+04	
19475.3 I 4D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .2324+01	I .1912+06	
8998.7 I 3D 1/2(5/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .1511+00	CONSI .1260+06	
9133.6 I 3D 1/2(3/2)2 - 8P 1/2(3/2)1	I .1465+00	CONSI .2165+04	
9627.5 I 3D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .1193+00	CONSI .7522+04	
3124.7 I 4S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .5335-02	I .3921+05	
3235.1 I 4S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(3/2)1	I .2415-02	I .3288+05	
9190.9 I 5S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(3/2)1	I .1634-01	I .9506+04	
9277.5 I 5S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .8017-02	I .2250+04	
21774.9 I 6S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .1956+00	I .4265+04	
21472.5 I 6S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(3/2)1	I .3287+00	I .1495+05	
53170.9 I 7S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(3/2)1	I .6724+01	I .2014+05	
53433.1 I 7S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .6220+01	I .9178+04	
249694.0 I 8S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(3/2)1	I .2243+04	I .3244+05	
238635.1 I 8S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(3/2)1	I .2165+04	I .7173+05	

I
IV.MEDIA = 992.4 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 9F (1/2)(1/2)1
=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.F.(U.A.)	IP.F.(SEG-1)
9599.8	I	3D 1/2(3/2)1 - 3P 1/2(1/2)1	I	.1449+00	.1343+05
9108.6	I	3D 1/2(3/2)2 - 3P 1/2(1/2)1	I	.1644+00	.1274+06
19294.4	I	4D 1/2(3/2)2 - 3P 1/2(1/2)1	I	.2429+01	.1935+06
20956.4	I	4D 1/2(3/2)1 - 5P 1/2(1/2)1	I	.2234+01	.2732+05
50806.8	I	5D 1/2(3/2)1 - 5P 1/2(1/2)1	I	.2641+02	.2301+05
41479.8	I	5D 1/2(3/2)2 - 3P 1/2(1/2)1	I	.2411+02	.1901+06
139411.7	I	6D 1/2(3/2)2 - 3P 1/2(1/2)1	I	.9319+03	.1936+06
200997.1	I	6D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(1/2)1	I	.2135+04	.2963+05
212293.3	I	8S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)1	I	.2133+04	.7561+05
222692.4	I	8S 1/2(1/2)0 - 3P 1/2(1/2)1	I	.2052+04	.4183+05
52336.0	I	7S 1/2(1/2)0 - 3P 1/2(1/2)1	I	.1082+02	.1699+05
52590.1	I	7S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)1	I	.1025+02	.3174+05
21633.6	I	6S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)1	I	.5134+03	.7263+05
21335.0	I	6S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(1/2)1	I	.7014+03	.1626+05
9155.7	I	5S 1/2(1/2)0 - 8P 1/2(1/2)1	I	.5712+01	.1673+05
9251.8	I	5S 1/2(1/2)1 - 3P 1/2(1/2)1	I	.4123+01	.2344+05
3291.2	I	4S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)1	I	.4031+02	.5342+05
3202.0	I	4S 1/2(1/2)0 - 3P 1/2(1/2)1	I	.8836+02	.6059+05

I I
IV.MEDIA = 861,9 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3P (1/2)(1/2)0
=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.P.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
3286.1	I	4S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1976+01	I .3760+06
9211.2	I	5S 1/2(1/2)1 - 3P 1/2(1/2)0	I	.1411+00	I .1219+06
21412.9	I	6S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1262+01	I .8678+05
51304.4	I	7S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1751+02	I .8758+05
209143.5	I	8S 1/2(1/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1937+04	I .1430+06
183429.0	I	6D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1797+04	I .1967+06
49505.9	I	5D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.3026+02	I .1674+06
20749.2	I	4D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.2583+01	I .1952+06
9556.1	I	3D 1/2(3/2)1 - 8P 1/2(1/2)0	I	.1809+00	ONSI .1400+06

I
IV.MEDIA = 660.2 NSEG.I
I

409

CONJUGACIONES $3p^5_{nd}$

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(7/2)4
=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.P.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
13722.3 I 4P 3/2(5/2)3 - 3C 3/2(7/2)4 I .9992+02NSI .1567+08
=====
```

```
I I
IV.MEDIA = 63.8 NSEG.I
I I
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(7/2)3
=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
13507.9 I 4P 3/2(5/2)2 - 3D 3/2(7/2)3 I .1026+03NSI .1607+08
13231.7 I 4P 3/2(5/2)3 - 3D 3/2(7/2)3 I .1013+03NSI .8440+06
=====
```

```
I I
IV.MEDIA = 59.1 NSEG.I
I I
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(5/2)3
=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
13370.8 I 4P 3/2(3/2)2 - 3D 3/2(5/2)3 I .1111+03NSI .1318+08
12346.7 I 4P 3/2(5/2)2 - 3D 3/2(5/2)3 I .1046+03NSI .3218+06
12115.6 I 4P 3/2(5/2)3 - 3D 3/2(5/2)3 I .1030+03NSI .6708+07
=====
```

```
I I
IV.MEDIA = 49.5 NSEG.I
I I
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(5/2)2

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
=====
13911.2 I 4P 3/2(3/2)2 - 3D 3/2(5/2)2 I .1102+03NSI .1161+07
=====
13626.3 I 4P 3/2(3/2)1 - 3D 3/2(5/2)2 I .1087+03NSI .1097+08
=====
12806.2 I 4P 3/2(5/2)2 - 3D 3/2(5/2)2 I .1042+03NSI .5628+07
=====
12557.7 I 4P 3/2(5/2)3 - 3D 3/2(5/2)2 I .1027+03NSI .4203+06
=====
```

```
-----
I IV.MEDIA = 55.0 NSEG.I
I -----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(3/2)2

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
=====
18945.5 I 4P 3/2(3/2)2 - 3D 3/2(3/2)2 I .9895+02NSI .4011+07
=====
18524.2 I 4P 3/2(3/2)1 - 3D 3/2(3/2)2 I .9841+02NSI .4761+06
=====
18232.3 I 4P 3/2(5/2)2 - 3D 3/2(3/2)2 I .9849+02NSI .3615+05
=====
14575.6 I 4P 3/2(3/2)3 - 3D 3/2(3/2)2 I .9851+02NSI .5574+06
=====
12847.7 I 4P 3/2(1/2)1 - 3D 3/2(3/2)2 I .9887+02NSI .7613+07
=====
```

```
-----
I IV.MEDIA = 78.9 NSEG.I
I -----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (3/2)(1/2)1

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	I.P.Y. (SEG-1)
20591.8	I	4P 3/2(1/2)G - 3D 3/2(1/2)1	I	.1010+03NSI	.1229+07
17515.6	I	4P 3/2(3/2)2 - 3D 3/2(1/2)1	I	.9687+02NSI	.9474+06
17445.6	I	4P 3/2(3/2)1 - 3D 3/2(1/2)1	I	.9607+02NSI	.2035+06
12500.2	I	4P 3/2(1/2)1 - 3D 3/2(1/2)1	I	.8493+02NSI	.8782+07
195.2	I	1S2 - 4D 3/2(1/2)1	I	.1052+02NAI	.8868+08
17445.6	I	4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(1/2)1	I	.9607+02NSI	.2035+06

I
IV.MEDIA = 9.0 MSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 30 (3/2)(1/2)1

=====

```
=====
EN A I      TRANSICION      I P.P.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
=====
17919.3 I 4P 3/2(3/2)1 - 3D 3/2(1/2)0 I .9442+02NSI .11.2+07
=====
13217.5 I 4P 3/2(1/2)1 - 3D 3/2(1/2)0 I .8391+02NSI .1027+08
=====
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 29.2 NSEG.I
I I
-----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 30 (1/2)(3/2)2

=====

```
=====
EN A I      TRANSICION      I P.P.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
=====
13306.0 I 4P 1/2(3/2)2 - 3D 1/2(3/2)2 I .1063+03NSI .2743+07
=====
13332.0 I 4P 1/2(3/2)1 - 3D 1/2(3/2)2 I .1048+03NSI .3108+06
=====
13692.3 I 4P 1/2(1/2)1 - 3D 1/2(3/2)2 I .1003+03NSI .1427+08
=====
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 28.0 NSEG.I
I I
-----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (1/2)(3/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.P.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
15350.7 I	4P 1/2(1/2)0 - 3D 1/2(3/2)1 I	.1235+03NSI .8157+07
866.8 I	ISD - 3D 1/2(3/2)1 I	.2829-01NAI .2620+08
12705.8 I	4P 1/2(1/2)1 - 3D 1/2(3/2)1 I	.1095+03NSI .6008+07
12143.1 I	4P 1/2(3/2)1 - 3D 1/2(3/2)1 I	.1055+03NSI .3315+07
12380.6 I	4P 1/2(3/2)2 - 3D 1/2(3/2)1 I	.1072+03NSI .6358+06

I I
IV.MEDIA = 22.6 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 3D (1/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.P.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
13276.3 I	4P 1/2(3/2)2 - 3D 1/2(5/2)3 I	.1064+03NSI .1242+08

I I
IV.MEDIA = 54.3 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 70 (1/2)(5/2)2
=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP,I.(SEG-1)
=====
13503.1 I 4P 1/2(3/2)2 - 3D 1/2(5/2)2 I .1057+03NSI .1701+07
=====
13316.8 I 4P 1/2(3/2)1 - 3D 1/2(5/2)2 I .1042+03NSI .1609+08
=====
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 56.2 NSEG.I
I I
-----
```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 40 (3/2)(7/2)4
=====

```
=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP,I.(SEG-1)
=====
7374.1 I 4P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(7/2)4 I .2541+01 I .2567+07
=====
48256.3 I 5P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(7/2)4 I .0288+03 I .1733+07
=====
```

```
-----
I I
IV.MEDIA = 229.8 NSEG.I
I I
-----
```


416

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(7/2)3

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
45176.5	I	5P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(7/2)3	I	.4914+03	I .2057+07
44050.5	I	5P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(7/2)3	I	.4246+03	I .1094+06
7355.3	I	4P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(7/2)3	I	.1180+01	I .1152+07
7272.7	I	4P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(7/2)3	I	.0926+00	I .4979+05
I I					
IV.MEDIA = 296.9 NSEG.I					
I I					

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(5/2)2

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
44223.7	I	5P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(5/2)2	I	.5050+03	I .1656+06
43601.7	I	5P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(5/2)2	I	.5006+03	I .1542+07
40891.6	I	5P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(5/2)2	I	.4798+03	I .7961+06
40891.6	I	5P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(5/2)2	I	.4798+03	I .5686+05
7571.6	I	4P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(5/2)2	I	.5179+00	I .3384+05
7486.4	I	4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(5/2)2	I	.3926+00	I .2389+06
7231.9	I	4P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(5/2)2	I	.1256+00	I .3768+05
7152.0	I	4P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(5/2)2	I	.7339-01	I .1626+04

I I
IV.MEDIA = 348.2 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.P. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
43767.7	I	5P 3/2(1/2)0 - 4D 3/2(3/2)1	I	.5330+03	I	.7155+06
27535.3	I	5P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(3/2)1	I	.4684+03	I	.3190+06
37086.2	I	5P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(3/2)1	I	.4630+03	I	.1635+07
35167.3	I	5P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(3/2)1	I	.4379+03	I	.2050+06
31370.0	I	5P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(3/2)1	I	.3841+03	I	.7003+06
834.4	I	15C - 4D 3/2(3/2)1	I	.9349-G2NAI	I	.9709+07
7516.5	I	4P 3/2(1/2)0 - 4D 3/2(3/2)1	I	.1991-01	I	.4692+04
7347.4	I	4P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(3/2)1	I	.3444+00	I	.3127+05
7267.2	I	4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(3/2)1	I	.4344+00	I	.2036+06
7027.2	I	4P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(3/2)1	I	.7523+00	I	.4392+05
6351.0	I	4P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(3/2)1	I	.1913+01	I	.4202+06

I I
IV.MEDIA = 71.5 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(3/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
58138.0 I	5P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(3/2)2	I .5108+03	I .5082+06
56571.1 I	5P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(3/2)2	I .5080+03	I .5936+05
52430.9 I	5P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(3/2)2	I .4942+03	I .4631+04
50520.4 I	5P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(3/2)2	I .4889+03	I .7001+05
44511.5 I	5P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(3/2)2	I .4614+03	I .8833+06
7892.2 I	4P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(3/2)2	I .6352+01	I .2512+07
7800.7 I	4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(3/2)2	I .5790+01	I .2636+06
7524.8 I	4P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(3/2)2	I .4278+01	I .1356+05
7438.3 I	4P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(3/2)2	I .3854+01	I .1771+06
6754.7 I	4P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(3/2)2	I .1334+01	I .7308+06

I
IV.MEDIA = 191.5 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(5/2)3

EN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
41573.4 I	5P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(5/2)3	I .4971+03	I .1907+07
38560.2 I	5P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(5/2)3	I .4702+03	I .4602+05
38119.9 I	5P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(5/2)3	I .4619+03	I .9654+06

```

-----
7502.7 I 4P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(5/2)3 I .1013+00 I .6804+05
-----
7165.1 I 4P 3/2(5/2)2 - 4D 3/2(5/2)3 I .5360+03 I .8421+01
-----
7090.5 I 4P 3/2(5/2)3 - 4D 3/2(5/2)3 I .1018+01 I .3305+04
-----

```

```

-----
I
IV.MEDIA = 334.5 NSEG.I
I
-----

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(1/2)1

=====

```

=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)1P.1.(SEG-1)
-----
91875.4 I 5P 3/2(1/2)0 - 4D 3/2(1/2)1 I .5289+03 I .7560+05
-----
60125.2 I 5P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(1/2)1 I .4998+03 I .2894+05
-----
66660.5 I 5P 3/2(5/2)1 - 4D 3/2(1/2)1 I .4977+03 I .1891+05
-----
50723.5 I 5P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(1/2)1 I .4612+03 I .8196+06
-----
80022.5 I 4P 3/2(1/2)0 - 4D 3/2(1/2)1 I .1657+02 I .2909+07
-----
30055.5 I 4P 3/2(3/2)2 - 4D 3/2(1/2)1 I .1126+02 I .1212+07
-----
60773.3 I 4P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(1/2)1 I .2548+01 I .2460+07
-----
842.5 I 350 - 4D 3/2(1/2)1 I .2778-C1NAI .2709+08
-----
7555.0 I 4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(1/2)1 I .1046+02 I .2335+06
-----

```

```

-----
I
IV.MEDIA = 27.9 NSEG.I
I
-----

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (3/2)(1/2)D

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
73487.2	I	SP 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(1/2)0	I	.4621+03	I .8323+05
53992.2	I	SP 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(1/2)0	I	.4560+03	I .9626+06
8048.4	I	4P 3/2(3/2)1 - 4D 3/2(1/2)0	I	.1350+02	I .1749+07
6939.6	I	4P 3/2(1/2)1 - 4D 3/2(1/2)0	I	.5121+01	I .5245+07
I					
IV.MEDIA = 124.1 NSEG.I					
I					

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4D (1/2)(5/2)3

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
7427.3	I	4P 1/2(3/2)2 - 4D 1/2(5/2)3	I	.7867+00	I .7780+06
43775.2	I	SP 1/2(3/2)2 - 4D 1/2(5/2)3	I	.4919+03	I .2376+07
I					
IV.MEDIA = 317.1 NSEG.I					
I					

421

VIDA MEDIA DEL NIVEL 40 (1/2)(5/2)2

=====

```

=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-2)
=====
46512.5 I 5P 1/2(3/2)2 - 40 1/2(5/2)2 I .4966+03 I .7203+06
=====
45216.3 I 5P 1/2(3/2)1 - 40 1/2(5/2)2 I .4854+03 I .1931+07
=====
7532.3 I 4P 1/2(3/2)2 - 40 1/2(5/2)2 I .1754+01 I .1652+06
=====
7414.4 I 4P 1/2(3/2)1 - 40 1/2(5/2)2 I .1495+01 I .1335+07
=====

```

```

I I
IV.MEDIA = 275.3 NSEG.I
I I
=====

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 40 (1/2)(3/2)2

=====

```

=====
EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
=====
46505.6 I 5P 1/2(1/2)1 - 40 1/2(3/2)2 I .4942+03 I .1661+07
=====
46711.1 I 5P 1/2(3/2)2 - 40 1/2(3/2)2 I .1990+03 I .9889+06
=====
45590.3 I 5P 1/2(3/2)1 - 40 1/2(3/2)2 I .4899+03 I .3491+05
=====
7631.0 I 4P 3/2(1/2)1 - 40 3/2(3/2)2 I .2317+01 I .8802+06
=====
7512.5 I 4P 1/2(3/2)2 - 40 1/2(3/2)2 I .1914+01 I .2743+06
=====
7424.4 I 4P 1/2(3/2)1 - 40 1/2(3/2)2 I .1641+01 I .2708+05
=====

```

```

I I
IV.MEDIA = 258.6 NSEG.I
I I
=====

```

VIDA MEDIA DEL NIVEL 40 (1/2)(3/2)1					
=====					
EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
39180.0	I	SP 1/2(1/2)1 - 40 1/2(3/2)1	I	.4731+03	I .2654+06
46757.1	I	SP 1/2(1/2)0 - 40 1/2(3/2)1	I	.5338+03	I .1179+07
39325.8	I	SP 1/2(3/2)2 - 40 1/2(3/2)1	I	.4745+03	I .8781+05
39395.2	I	SP 1/2(3/2)1 - 40 1/2(3/2)1	I	.4654+03	I .4620+06
534.2	I	ISD - 40 1/2(3/2)1	I	.3098-C1NA1	.3220+02
0137.2	I	4P 1/2(1/2)0 - 40 1/2(3/2)1	I	.9369+00	I .3915+06
7392.9	I	4P 1/2(1/2)1 - 40 1/2(3/2)1	I	.2948-01	I .8193+04
7287.4	I	4P 1/2(3/2)2 - 40 1/2(3/2)1	I	.3373-02	I .9809+02
7284.5	I	4P 1/2(3/2)1 - 40 1/2(3/2)1	I	.6344+03	I .9546+02
=====					
I	I				
IV. MEDIA =		38.4	MSEG. I		
I	I				

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (3/2)(1/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
22883.9 I	5P 3/2(1/2)0 - 50 3/2(1/2)1	I .3611+02	I .5391+06
21055.9 I	5P 3/2(3/2)2 - 50 3/2(1/2)1	I .1669+02	I .1006+06
20913.8 I	5P 3/2(3/2)1 - 50 3/2(1/2)1	I .1549+02	I .1906+05
18965.0 I	5P 3/2(1/2)1 - 50 3/2(1/2)1	I .3663+01	I .1209+06
57331.2 I	4F 3/2(3/2)2 - 50 3/2(1/2)1	I .1514+03NSI	.2714+06
57320.7 I	4F 3/2(3/2)1 - 50 3/2(1/2)1	I .1513+03NSI	.5427+05
820.1 I	1SD - 50 3/2(1/2)1	I .1016-01NAI	.1100+08
6721.1 I	4P 3/2(1/2)0 - 50 3/2(1/2)1	I .5023+01	I .1862+07
6371.3 I	4P 3/2(3/2)2 - 50 3/2(1/2)1	I .3854+01	I .8386+06
6310.9 I	4P 3/2(3/2)1 - 50 3/2(1/2)1	I .3662+01	I .1640+06
5608.3 I	4P 3/2(1/2)1 - 50 3/2(1/2)1	I .1729+01	I .2207+07

I
IV.MEDIA = 58.9 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (3/2)(1/2)0

EN	A	I	TRANSITION	I.P.R. (U.A.)	I.P.T. (SEG-1)
166244.1	I	6P	3/2(3/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .1425+04	I .1563+05
17862.5	I	6P	3/2(1/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .1418+04	I .1827+06
22273.5	I	4F	3/2(3/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .1969+03 NSI	.3304+06
21538.9	I	5P	3/2(3/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .3159+02	I .2135+06
19477.6	I	5P	3/2(1/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .1173+02	I .5361+06
6366.6	I	4F	3/2(3/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .5074+01	I .1328+07
5652.3	I	4P	3/2(1/2)1 - 5D 3/2(1/2)0	I .2816+01	I .5266+07
	I			I	
			IV.MEDIA = 127.0 NSEG.1		
	I			I	

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (3/21(7/2)4

=====

=====

EN A I TRANSICION I P.R.(U.A.)IP.I.(SE5-1)

=====

114850.1 I 6P 3/2(5/2)3 - 50 3/2(7/2)4 I .1447+04 I .4871+06

55991.7 I 4F 3/2(7/2)3 - 50 3/2(7/2)4 I .1367+03NSI .5944+03

55991.7 I 4F 3/2(7/2)4 - 50 3/2(7/2)4 I .1367+03NSI .5130+05

55361.2 I 4F 3/2(5/2)3 - 50 3/2(7/2)4 I .1312+03NSI .1899+04

54692.0 I 4F 3/2(9/2)4 - 50 3/2(7/2)4 I .1259+03NSI .6167+04

54680.4 I 4F 3/2(9/2)5 - 50 3/2(7/2)4 I .1254+03NSI .2713+06

19632.0 I 5P 3/2(5/2)3 - 50 3/2(7/2)4 I .3404+01 I .1023+06

6033.8 I 4P 3/2(5/2)3 - 50 3/2(7/2)4 I .2013+01 I .5713+07

=====

I I

IV.MEDIA = 217.7 NSEG.I

I I

=====

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5D (3/2)(5/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.(SEG-1)
48086.9 I	4F 3/2(7/2)4 - 5D 3/2(5/2)3	I .6060+02NSI	.1738+06
85889.3 I	6P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)3	I .1316+04	I .2387+06
87888.9 I	6P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .1331+04	I .1135+05
94425.1 I	6P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .1405+04	I .4734+06
48086.9 I	4F 3/2(7/2)3 - 5D 3/2(5/2)3	I .6060+02NSI	.6439+04
47627.0 I	4F 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .5753+02NSI	.1789+04
47621.1 I	4F 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)3	I .5749+02NSI	.3578+05
46705.8 I	4F 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .5160+02NSI	.1954+04
19432.3 I	5P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .2562+00	I .9903+04
18760.6 I	5P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .1157+01	I .1015+04
18563.5 I	5P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)3	I .1531+01	I .2770+05
6214.2 I	4P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .4930+00	I .5827+06
5983.6 I	4P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)3	I .2543+00	I .6872+04
5928.8 I	4P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)3	I .2098+00	I .1165+06

I
IV.MEDIA = 592.4 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (3/2)(5/2)2
=====

IN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	I P.I. (SEG-1)
92867.9	I 6P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .1433+04	I .4207+05
97576.5	I 6P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(5/2)2	I .1421+04	I .3906+06
91725.5	I 6P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .1363+04	I .2004+06
89549.5	I 6P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)2	I .1339+04	I .1511+05
49213.1	I 4F 3/2(7/2)3 - 5D 3/2(5/2)2	I .7086+02NSI	.1967+06
48731.5	I 4F 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .6743+02NSI	.3838+05
48725.3	I 4F 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)2	I .6739+02NSI	.2740+04
47767.6	I 4F 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .6079+02NSI	.2152+03
47760.3	I 4F 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(5/2)2	I .6074+02NSI	.1936+04
19613.7	I 5P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .1202-04	I .4517-01
19490.4	I 5P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(5/2)2	I .1159-01	I .3995+03
18929.6	I 5P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .3626+00	I .6066+04
18729.0	I 5P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)2	I .5999+00	I .7399+03
6232.7	I 4P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .7599+00	I .8902+05
6174.8	I 4P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(5/2)2	I .6744+00	I .7312+06
6000.7	I 4P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(5/2)2	I .4492+00	I .2359+06
5945.5	I 4P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(5/2)2	I .3880+00	I .1496+05

I I
IV.MEDIA = 508.5 NSEG.I
I I

VISTA MEDIA DEL NIVEL 50 (3/2)(3/2)2

=====

EN A	I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
122505.5	I	6P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .1507+04	I .1594+06
53853.2	I	4F 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .1165+03NSI	.1611+05
108514.0	I	6P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(3/2)2	I .1433+04	I .2121+05
58215.4	I	6P 3/2(1/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .1362+04	I .2427+06
120519.8	I	6P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .1498+04	I .1849+05
111725.6	I	6P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .1452+04	I .1406+04
53345.7	I	4F 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(3/2)2	I .1164+03NSI	.2256+06
52678.4	I	4F 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .1067+03NSI	.5323+05
52569.6	I	4F 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .1066+03NSI	.5914+04
20394.3	I	5P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .4973+01	I .1140+06
20261.0	I	5P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .4392+01	I .1141+05
19655.7	I	5P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .2225+01	I .3958+03
17439.5	I	5P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(3/2)2	I .1635+01	I .4210+04
18426.7	I	5P 3/2(1/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .9388-01	I .2533+04
6309.4	I	4P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .2311+01	I .3315+06
6371.8	I	4P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)2	I .1725+01	I .1041+05
6015.3	I	4P 3/2(5/2)3 - 5D 3/2(3/2)2	I .1598+01	I .1388+06
6250.1	I	4P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .2158+01	I .1910+06
5560.2	I	4P 3/2(1/2)1 - 5D 3/2(3/2)2	I .7512+00	I .7378+06

I
IV.MEDIA = 437.4 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5D (3/2)(3/2)1

EN A	I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
43778.6	I	4F 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .2719+02NSI	.1046+06
42999.1	I	4F 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .2363+02NSI	.4014+04
42993.2	I	4F 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)1	I .2360+02NSI	.2606+05
20196.8	I	5P 3/2(1/2)0 - 5D 3/2(3/2)1	I .1463+01	I .2040+05
18759.5	I	5P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .5310+01	I .2897+05
18646.6	I	5P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)1	I .5675+01	I .1576+06
18132.7	I	5P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .7412+01	I .2519+05
17081.6	I	5P 3/2(1/2)1 - 5D 3/2(3/2)1	I .1113+02	I .1256+06
816.2	I	1S0 - 5D 3/2(3/2)1	I .4366-02NAI	.4844+07
6468.3	I	4P 3/2(1/2)0 - 5D 3/2(3/2)1	I .8147-01	I .3388+05
6143.8	I	4P 3/2(3/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .4216-03	I .6548+02
6087.5	I	4P 3/2(3/2)1 - 5D 3/2(3/2)1	I .5661-03	I .4535+03
5918.2	I	4P 3/2(5/2)2 - 5D 3/2(3/2)1	I .2382-01	I .2328+04
5431.2	I	4P 3/2(1/2)1 - 5D 3/2(3/2)1	I .2480+00	I .8711+05

I IV, MEDIA = 183.3 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (1/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
108421.1 I	6P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)3	I .1448+04	I .4604+06
12551.9 I	4F 1/2(5/2)2 - 50 1/2(5/2)3	I .1040+03NS1	.6506+03
12544.2 I	4F 1/2(5/2)3 - 50 1/2(5/2)3	I .1040+03NS1	.1317+05
12519.4 I	4F 1/2(7/2)3 - 50 1/2(5/2)3	I .1038+03NS1	.9872+04
12519.4 I	4F 1/2(7/2)4 - 50 1/2(5/2)3	I .1038+03NS1	.2666+06
19652.8 I	5P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)3	I .1438+01	I .7674+05
6147.1 I	4P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)3	I .1611+01	I .2810+07

I	I
IV.MEDIA = 274.9 NSEG.1	
1	1

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (1/2)(5/2)2

EN A I	TRANSICION	I P R (U. A.)	IP (I) (SEG-1)
114888.4 I	6P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)2	I .1464+04	I .391+05
111634.5 I	6P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(5/2)2	I .1446+04	I .3791+06
54026.0 I	4F 1/2(5/2)2 - 50 1/2(5/2)2	I .1184+03NSI	I .1352+05
54018.4 I	4F 1/2(5/2)3 - 50 1/2(5/2)2	I .1193+03NSI	I .9651+03
53991.6 I	4F 1/2(7/2)3 - 50 1/2(5/2)2	I .1181+03NSI	I .2896+06
19855.4 I	5P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)2	I .3180+01	I .1653+05
19615.1 I	5P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(5/2)2	I .2392+01	I .1156+06
6166.8 I	4P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(5/2)2	I .2050+01	I .3541+06
6107.3 I	4P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(5/2)2	I .1904+01	I .3041+07
I			
IV. MEDIA = 234.9 NSEG. I			
I			

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (1/2)(3/2)2 =

=====

EN A 1		TRANSICION		I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)	
179589.0	I	6P	1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .1465+04	I .2273+06
135527.0	I	6P	1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)2	I .1484+04	I .3523+05
131022.0	I	6P	1/2(5/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .1470+04	I .4413+04
58193.3	I	4F	1/2(5/2)2 - 50 1/2(3/2)2	I .1586+03MSI	.2177+05
50184.5	I	4F	1/2(5/2)3 - 50 1/2(3/2)2	I .1588+03MSI	.3046+06
20352.3	I	5P	1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .1878+02	I .4317+06
20392.1	I	5P	1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)2	I .1105+02	I .7919+05
20139.9	I	5P	1/2(3/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .9364+01	I .7742+04
6296.6	I	4P	1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .3546+01	I .4792+07
6217.7	I	4P	1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)2	I .3297+01	I .8336+06
6157.2	I	4P	1/2(3/2)1 - 50 1/2(3/2)2	I .3115+01	I .9013+05

1 I
IV.MEDIA = 146.4 NSEG.1

1 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 50 (1/2)(3/2)1

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.I.(SEG-1)
97565.8	I	6P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.1454+04	I	.3524+06
82354.6	I	6P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.1269+04	I	.2557+06
84714.9	I	6P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)1	I	.1312+04	I	.2410+05
82932.5	I	6P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.1277+04	I	.1260+06
46275.3	I	4F 1/2(5/2)2 - 50 1/2(3/2)1	I	.4614+02NSI	I	.1895+06
20224.2	I	5P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.64732-01	I	.1288+04
18671.0	I	5P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.2311+01	I	.3979+05
18734.6	I	5P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)1	I	.2223+01	I	.3824+04
18490.9	I	5P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.2745+01	I	.2444+05
807.7	I	1SG - 50 1/2(3/2)1	I	.6274-Q2NAI	I	.7184+07
6625.6	I	4P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.7735+00	I	.5983+06
6127.8	I	4P 1/2(1/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.2013+00	I	.9846+05
6051.1	I	4P 1/2(3/2)2 - 50 1/2(3/2)1	I	.1476+00	I	.7496+04
5993.8	I	4P 1/2(3/2)1 - 50 1/2(3/2)1	I	.1131+00	I	.2956+05

I
IV.MEDIA = 111.9 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 60 (3/2)(1/2)1

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP, I, (SEG-1)
1206992,1	I 7P 3/2(1/2)0 - 6D 3/2(1/2)1	I ,3569+04	I ,2285+03
484431,2	I 7P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,3561+04	I ,1733+04
469395,3	I 7P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,3454+04	I ,3803+03
337905,8	I 7P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,3364+04	I ,1975+05
127937,8	I 5F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,9864+03	I ,1590+06
127905,0	I 5F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,9859+03	I ,3182+05
50056,8	I 6P 3/2(1/2)0 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1962+03	I ,1761+06
45509,4	I 6P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1026+03	I ,6092+05
45232,5	I 6P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,9718+02	I ,1182+05
41685,0	I 6P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,4454+02	I ,1397+06
30493,7	I 4F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,6953+01NSI	,8280+05
30490,7	I 4F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,6952+01NSI	,1656+05
16934,8	I 5P 3/2(1/2)0 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1837+02	I ,4257+06
15912,5	I 5P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1315+02	I ,1837+06
15831,2	I 5P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1274+02	I ,3615+05
14688,6	I 5P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,7360+01	I ,5228+06
809,9	I 1SD - 6D 3/2(1/2)1	I ,4384-02NAI	,4978+07
6092,5	I 4P 3/2(1/2)0 - 6D 3/2(1/2)1	I ,3152+01	I ,1569+07
5803,7	I 4P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(1/2)1	I ,2717+01	I ,7994+06
5753,5	I 4P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,2707+01	I ,1600+06
5163,7	I 4P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)1	I ,1818+01	I ,3005+07

I
IV.MEDIA = 80,8 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (3/2)(1/2)0
=====

CH A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
393747.7	I	7P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.3523+04	I .3897+04
121542.2	I	5F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.8831+03	I .1993+06
40980.9	I	6P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.2913+02	I .1429+06
44410.3	I	6P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.7117+02	I .5487+05
296850.3	I	7P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.3385+04	I .4369+05
30114.9	I	4F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.7126+01	NSI .1058+06
15729.3	I	5P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.1065+02	I .1849+06
14600.9	I	5P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.5673+01	I .6154+06
5740.0	I	4P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.2486+01	I .8877+06
9152.8	I	4P 3/2(1/2)1 - 6D 3/2(1/2)0	I	.1597+01	I .3941+07

I I
IV.MEDIA = 161.8 NSEG.1
J I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (3/2)(7/2)4

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
223508.6 I	7P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .3351+04	I .1216+06
1(6913.0 I	5F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .6102+03	I .5735+03
1(6913.0 I	5F 3/2(7/2)4 - 6D 3/2(7/2)4	I .6102+03	I .2007+05
1(5786.5 I	5F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .5909+03	I .1032+04
1(4434.3 I	5F 3/2(9/2)4 - 6D 3/2(7/2)4	I .5679+03	I .4008+04
1(4434.3 I	5F 3/2(9/2)5 - 6D 3/2(7/2)4	I .5679+03	I .1764+06
40196.0 I	6P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .5082+01	I .3170+05
29385.1 I	4F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .7064+01NSI	.3197+03
29385.1 I	4F 3/2(7/2)4 - 6D 3/2(7/2)4	I .7064+01NSI	.1119+05
29210.5 I	4F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .6906+01NSI	.5728+03
29023.6 I	4F 3/2(9/2)4 - 6D 3/2(7/2)4	I .6734+01NSI	.2214+04
29019.8 I	4F 3/2(9/2)5 - 6D 3/2(7/2)4	I .6730+01NSI	.9742+05
14902.2 I	5P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .2612+01	I .3199+06
5497.4 I	4P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)4	I .1215+01	I .2963+07

I I
IV.MEDIA = 266.7 NSEG.I

I I

[illegible]

FN	A	I	TRANSITION	I	P.R. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
110769.9	I	7P	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3149+04	I	.2057+06
170028.5	I	7P	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3094+04	I	.1094+05
54695.2	I	5F	3/2(7/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3668+03	I	.1722+05
54695.2	I	5F	3/2(7/2)4 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3668+03	I	.6379+03
53831.5	I	5F	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3532+03	I	.8418+03
53810.4	I	5F	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3529+03	I	.4208+02
52745.5	I	5F	3/2(9/2)4 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3363+03	I	.1525+06
28729.7	I	6P	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.8922+00	I	.5927+04
28336.4	I	6P	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.1521+01	I	.5208+03
28378.7	I	4F	3/2(7/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5553+01	NSI	.9687+04
28378.7	I	4F	3/2(7/2)4 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5553+01	NSI	.3588+03
28217.9	I	4F	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5366+01	NSI	.4704+03
28215.8	I	4F	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5366+01	NSI	.2352+02
28041.4	I	4F	3/2(9/2)4 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5166+01	NSI	.8476+05
14761.2	I	5P	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.3154+00	I	.3784+05
14638.9	I	5P	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.2133+00	I	.1312+04
5507.6	I	4P	3/2(5/2)2 - 6D 3/2(7/2)3	I	.5039+00	I	.1164+07
5461.2	I	4P	3/2(5/2)3 - 6D 3/2(7/2)3	I	.4605+00	I	.5456+05

I
 IV.MEDIA = 572.3 NSEG.1
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (3/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP, I, (SEG-1)
175158,9 I	7P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .3136+04	I .1655+06
163456,2 I	7P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .2971+04	I .3938+04
159573,6 I	7P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .2911+04	I .8294+05
89718,3 I	5F 3/2(7/2)4 - 6D 3/2(5/2)3	I .2700+03	I .1192+06
89718,3 I	5F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .2700+03	I .4417+04
88942,6 I	5F 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .2508+03	I .1236+04
88923,7 I	5F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .2506+03	I .2471+05
87252,5 I	5F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .2352+03	I .1366+04
39034,7 I	6P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .2826+01	I .1348+05
37870,5 I	6P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .6156+01	I .6561+03
37494,3 I	6P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .7452+01	I .1637+05
27914,6 I	4F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .4566+01NSI	I .2480+04
27914,6 I	4F 3/2(7/2)4 - 6D 3/2(5/2)3	I .4566+01NSI	I .6696+05
27759,0 I	4F 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .4386+01NSI	I .6890+03
27757,0 I	4F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .4384+01NSI	I .1378+05
27443,6 I	4F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .4027+01NSI	I .1518+03
15040,2 I	5P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .1001+00	I .8346+04
14634,6 I	5P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .1992-04	I .3679-01
14514,4 I	5P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3	I .9569-02	I .3623+03
5633,5 I	4P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .3673+00	I .5675+06
5489,9 I	4P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)3	I .2263+00	I .7916+04

5443.7 I 40 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)3 I .1978+00 I .1420+06

I I
IV.MEDIA = 803,5 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (3/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
275935.8 I	7P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .3153+04	I .1615+05
274858.2 I	7P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(5/2)2	I .3127+04	I .1493+06
184984.1 I	7P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .2993+04	I .7554+05
161125.5 I	7P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .2920+04	I .5687+04
92575.5 I	5F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .2787+03	I .1257+06
89521.9 I	5F 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .2673+03	I .2484+05
83572.8 I	5F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .2670+03	I .1760+04
87634.7 I	5F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .2431+03	I .1391+03
87669.4 I	5F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(5/2)2	I .2429+03	I .1252+04
39121.8 I	6P 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .2333+01	I .1195+04
38916.3 I	6P 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(5/2)2	I .2798+01	I .1212+05
37931.7 I	6P 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .5473+01	I .1136+05
37573.9 I	6P 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .6719+01	I .1327+04
27958.7 I	4F 3/2(7/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .4665+01NSI	.7051+05
27810.7 I	4F 3/2(5/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .4484+01NSI	.1374+05
27807.6 I	4F 3/2(5/2)3 - 6D 3/2(5/2)2	I .4482+01NSI	.9812+03
27487.6 I	4F 3/2(3/2)1 - 6D 3/2(5/2)2	I .4119+01NSI	.6892+03
27460.2 I	4F 3/2(3/2)2 - 6D 3/2(5/2)2	I .4122+01NSI	.7660+02

14937.2	I	5P	3/2(3/2)1 - 6D	3/2(5/2)2	I	.9874-01	I	.7498+04
15753.0	I	5P	3/2(3/2)2 - 6D	3/2(5/2)2	I	.1389+00	I	.1155+04
14646.7	I	5P	3/2(5/2)2 - 6D	3/2(5/2)2	I	.2465-02	I	.8900+02
14526.4	I	5P	3/2(5/2)3 - 6D	3/2(5/2)2	I	.1973-02	I	.5215+01
5635.3	I	4P	3/2(3/2)2 - 6D	3/2(5/2)2	I	.3962+00	I	.6116+05
5637.1	I	4P	3/2(3/2)1 - 6D	3/2(5/2)2	I	.3563+00	I	.5278+06
5691.6	I	4P	3/2(5/2)2 - 6D	3/2(5/2)2	I	.2489+00	I	.1705+06
5445.4	I	4P	3/2(5/2)3 - 6D	3/2(5/2)2	I	.2190+00	I	.1099+05

 I I
 IV.4LOIA = 706.7 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (3/2)(3/2)2

=====								
=====								
EN A	I	TRANSICION			I P.R.(U.A.) I P.I. (SEG-1)			
=====								
182612.1	I	7P	3/2(3/2)2 - 6D	3/2(3/2)2	I	.3217+04	I	.1021+06
180632.8	I	7P	3/2(3/2)1 - 6D	3/2(3/2)2	I	.3182+04	I	.1167+05
170105.9	I	7P	3/2(5/2)2 - 6D	3/2(3/2)2	I	.3048+04	I	.8365+03
165900.9	I	7P	3/2(5/2)3 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2950+04	I	.1238+05
157106.8	I	7P	3/2(1/2)1 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2857+04	I	.1244+06
90874.4	I	5F	3/2(5/2)2 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2955+03	I	.8510+04
90854.6	I	5F	3/2(5/2)3 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2952+03	I	.1191+06
89110.7	I	5F	3/2(3/2)2 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2657+03	I	.2786+05
89094.8	I	5F	3/2(3/2)1 - 6D	3/2(3/2)2	I	.2654+03	I	.3087+04
39402.3	I	6P	3/2(3/2)2 - 6D	3/2(3/2)2	I	.1045+01	I	.3321+04

39194.6	I	6P	3/2(3/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.1378+01	I	.4945+03
38216.4	I	6P	3/2(5/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.3505+01	I	.8481+02
37833.4	I	6P	3/2(5/2)3	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4508+01	I	.1595+04
36499.0	I	6P	3/2(1/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.9120+01	I	.3170+05
27944.4	I	4F	3/2(5/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4797+01NSI		.4750+04
27942.4	I	4F	3/2(5/2)3	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4794+01NSI		.6649+05
27624.8	I	4F	3/2(3/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4429+01NSI		.1532+05
27622.3	I	4F	3/2(3/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4426+01NSI		.1702+04
15094.5	I	5P	3/2(3/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.3077+00	I	.1740+05
15021.3	I	5P	3/2(3/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.2453+00	I	.1564+04
14686.0	I	5P	3/2(5/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.5076+01	I	.2165+02
14565.0	I	5P	3/2(5/2)3	-	6D	3/2(3/2)2	I	.1667+01	I	.1020+03
13988.9	I	5P	3/2(1/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.1005+00	I	.6201+04
5691.2	I	4P	3/2(3/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4957+00	I	.5230+06
5642.9	I	4P	3/2(3/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.4518+00	I	.5422+05
5497.1	I	4P	3/2(5/2)2	-	6D	3/2(3/2)2	I	.3285+00	I	.2671+04
5450.8	I	4P	3/2(5/2)3	-	6D	3/2(3/2)2	I	.2938+00	I	.3430+05
5074.5	I	4P	3/2(1/2)1	-	6D	3/2(3/2)2	I	.8615+01	I	.1113+06

	I						I			
	IV	MEDIA	=	777.5	NSEG	.	I			
	I						I			

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (1/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.1.(SEG-1)
203466.5 I	7P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .3363+04	I .1589+06
98760.6 I	5F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .4520+03	I .4312+03
98745.0 I	5F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(5/2)3	I .4518+03	I .8623+04
98594.1 I	5F 1/2(7/2)3 - 6D 1/2(5/2)3	I .4453+03	I .6461+04
98594.1 I	5F 1/2(7/2)4 - 6D 1/2(5/2)3	I .4453+03	I .1744+06
39763.5 I	6P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .6055+00	I .3903+04
28608.5 I	CF 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .6120+01	INSI .2401+03
28606.7 I	4F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(5/2)3	I .6118+01	INSI .4802+04
28595.2 I	4F 1/2(7/2)3 - 6D 1/2(5/2)3	I .6109+01	INSI .3600+04
28595.2 I	4F 1/2(7/2)4 - 6D 1/2(5/2)3	I .6109+01	INSI .9719+05
14568.1 I	5P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .1370+01	I .1655+06
5595.0 I	4P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)3	I .9287+00	I .2144+07

I	I
IV.MEDIA =	361.3 NSEG.I
I	I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (1/2)(5/2)2
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
219795.1 I	7P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .3370+04	I .1286+05
212792.9 I	7P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(5/2)2	I .3324+04	I .1258+06
102455.8 I	5F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .5257+03	I .8803+04
102435.0 I	5F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(5/2)2	I .5255+03	I .6288+03
102276.7 I	5F 1/2(7/2)3 - 6D 1/2(5/2)2	I .5227+03	I .1885+06
40345.4 I	6P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .3546+01	I .2187+04
39540.6 I	6P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(5/2)2	I .2393+01	I .1370+05
28910.9 I	4F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .6566+01	INSI .4893+04
28908.8 I	4F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(5/2)2	I .6564+01	INSI .3495+03
28901.1 I	4F 1/2(7/2)3 - 6D 1/2(5/2)2	I .6556+01	INSI .1048+06
15(50.4 I	5P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .2317+01	I .2754+05
14912.0 I	5P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(5/2)2	I .1977+01	I .2175+06
5610.5 I	4P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(5/2)2	I .1183+01	I .2714+06
5561.2 I	4P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(5/2)2	I .1115+01	I .2365+07

I I
IV.MEDIA = 299.1 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6D (1/2)(3/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
240702.7	I 7P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .3413+04	I .8263+05
245105.8	I 7P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .3413+04	I .1417+05
236425.0	I 7P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .3352+04	I .1733+04
107636.5	I 5F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .6274+03	I .1359+05
107618.2	I 5F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(3/2)2	I .6271+03	I .1903+06
40564.5	I 6P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .8281+01	I .4189+05
41125.1	I 6P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .1127+02	I .9848+04
40704.2	I 6P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .8978+01	I .8990+03
29205.0	I 4F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .7004+01NSI	.7514+04
29206.8	I 4F 1/2(5/2)3 - 6D 1/2(3/2)2	I .7002+01NSI	.1052+06
15135.8	I 5P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .3788+01	I .3689+06
15157.5	I 5P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .3859+01	I .6735+05
15017.2	I 5P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .3413+01	I .6807+04
5691.5	I 4P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .1621+01	I .2969+07
5625.3	I 4P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)2	I .1521+01	I .5193+06
5575.8	I 4P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)2	I .1447+01	I .5638+05

I
IV.MEDIA = 224.4 NSEG.1
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 60 (1/2)(3/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.I.(SEG-1)
5556.6 I	4P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .1860+00	I .1220+05
5508.3 I	4P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .1592+00	I .5361+05
5621.2 I	4P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .2252+00	I .1427+06
6037.3 I	4P 1/2(1/2)0 - 6D 1/2(3/2)1	I .5726+00	I .5857+06
798.2 I	1SD - 6D 1/2(3/2)1	I .3445-02	NAI .4087+07
15587.7 I	5P 1/2(1/2)0 - 6D 1/2(3/2)1	I .3275+00	I .1947+05
14648.5 I	5P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .2894-01	I .1036+04
14537.4 I	5P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .6409-01	I .1189+04
14668.9 I	5P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .2389-01	I .8518+02
37361.9 I	6P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .9910+01	I .1069+05
37719.5 I	6P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .8530+01	I .1789+04
37244.1 I	6P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .1038+02	I .2262+05
40069.4 I	6P 1/2(1/2)0 - 6D 1/2(3/2)1	I .1732+01	I .6059+04
186431.3 I	7P 1/2(1/2)0 - 6D 1/2(3/2)1	I .3297+04	I .1145+06
157423.2 I	7P 1/2(1/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .2689+04	I .6334+05
155533.3 I	7P 1/2(3/2)1 - 6D 1/2(3/2)1	I .2658+04	I .4270+05
159296.4 I	7P 1/2(3/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .2920+04	I .8130+04
87345.1 I	5F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .2246+03	I .1380+06
27535.3 I	4F 1/2(5/2)2 - 6D 1/2(3/2)1	I .3936+01	NSI .7639+05

 I
 IV.MEDIA = 154.9 NSEG.I
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 70 (3/2)(7/2)4

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
38318.2	I	8P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.6659+04	I .4791+05
179057.6	I	6F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1607+04	I .5787+03
177531.5	I	6F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1569+04	I .2253+04
177531.5	I	6F 3/2(9/2)5 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1568+04	I .9914+05
52576.8	I	5F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.3071+02	I .4368+03
52240.6	I	5F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.3023+02	I .1705+04
52240.6	I	5F 3/2(9/2)5 - 7D 3/2(7/2)4	I	.3023+02	I .7501+05
181304.1	I	6F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1664+04	I .3207+03
181304.1	I	6F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1664+04	I .1122+05
52852.6	I	5F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.3108+02	I .2418+03
52852.6	I	5F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.3108+02	I .8463+04
22937.0	I	4F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1577+01	INSI .1501+03
22937.0	I	4F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1577+01	INSI .5252+04
22830.5	I	4F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1545+01	INSI .2685+03
22716.2	I	4F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1511+01	INSI .1036+04
22713.9	I	4F 3/2(9/2)5 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1510+01	INSI .4556+05
71220.5	I	7P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)4	I	.6710+01	I .7527+04
29031.9	I	6P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.4069+01	I .6738+05
13042.7	I	5P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.1453+01	I .2727+06
5222.7	I	4P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)4	I	.7654+00	I .2188+07

I
IV.MEDIA = 252.7 NSEG.I
I

VIGA MEDIA DEL NIVEL 70 (3/2)(7/2)3

EN A	I	TRANSICION	I	P.F.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
341518.9	I	8P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.6472+04	I	.6271+05
332767.9	I	8P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.6387+04	I	.3344+04
169150.5	I	6F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1303+04	I	.1078+05
169150.5	I	6F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1203+04	I	.3992+03
167252.2	I	6F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1260+04	I	.5303+03
167193.5	I	6F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1259+04	I	.2651+02
165662.2	I	6F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1225+04	I	.9713+05
69987.9	I	7P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1380+00	I	.1554+03
69265.5	I	7P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1312+01	I	.7620+00
51769.2	I	5F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.2887+02	I	.9296+04
51769.2	I	5F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.2887+02	I	.3072+03
51510.0	I	5F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.2837+02	I	.4087+03
51503.7	I	5F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.2836+02	I	.2043+02
51181.0	I	5F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.2770+02	I	.7481+05
28921.5	I	6P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1592+01	I	.2540+05
28701.7	I	6P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1207+01	I	.9650+03
22730.4	I	4F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1484+01	INSI	.5037+04
22730.4	I	4F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1484+01	INSI	.1866+03
22627.1	I	4F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1445+01	INSI	.2457+03
22625.8	I	4F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1445+01	INSI	.1220+02
22513.5	I	4F 3/2(9/2)4 - 7D 3/2(7/2)3	I	.1402+01	INSI	.4447+05
13071.6	I	5D 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(7/2)3	I	.8303+00	I	.1430+06

12975.7	I	5P	3/2(5/2)3 - 7D	3/2(7/2)3	I	.7166+00	I	.6732+04
5254.2	I	6P	3/2(5/2)2 - 7D	3/2(7/2)3	I	.5645+00	I	.1502+07
5011.9	I	6P	3/2(5/2)3 - 7D	3/2(7/2)3	I	.5032+00	I	.7253+05

I
 IV. MEDIA = 455.8 HSE6.I
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7D (3/2)(5/2)3

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
259266.4	I	3P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.6166+04 I .6525+05
278094.7	I	6P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.5648+04 I .1559+04
273134.4	I	6P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.5746+04 I .3265+05
152253.4	I	6F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.8051+03 I .2695+04
152253.4	I	6F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(5/2)3	I	.8051+03 I .7276+05
150713.7	I	6F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.7695+03 I .7553+03
150666.0	I	6F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.7684+03 I .1510+05
148416.3	I	6F 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.7173+03 I .8467+03
68796.1	I	7P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.6662+01 I .5803+04
66915.2	I	7P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.1369+02 I .2643+03
66254.6	I	7P 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.1662+02 I .6616+04
50068.6	I	5F 3/2(7/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.2249+02 I .2117+04
50068.6	I	5F 3/2(7/2)4 - 7D 3/2(5/2)3	I	.2249+02 I .5716+05
49326.1	I	5F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(5/2)3	I	.2189+02 I .5546+03
49326.2	I	5F 3/2(5/2)3 - 7D 3/2(5/2)3	I	.2187+02 I .1189+05

1	1
IV.MEDIA = 532.0 NSEG.1	1
1	1

VIA MEDIA DEL NIVEL 70 (3/2)(3/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
448530.7	I 8p 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .6980+04 I .1505+05
439405.8	I 8P 3/2(3/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .5940+04 I .1768+04
404482.5	I 8P 3/2(5/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .6764+04 I .1381+03
392295.1	I 8P 3/2(5/2)3 - 70 3/2(3/2)2	I .6692+04 I .2096+04
342184.2	I 8P 3/2(1/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .6325+04 I .2065+05
183989.1	I 6F 3/2(5/2)3 - 70 3/2(3/2)2	I .1662+04 I .8483+05
181557.2	I 6F 3/2(5/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .1600+04 I .6059+04
177752.5	I 6F 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .1587+04 I .2052+05
177695.7	I 6F 3/2(3/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .1579+04 I .2280+04
74495.1	I 7P 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .2672+02 I .1257+05
74135.6	I 7P 3/2(3/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .2403+02 I .1275+04
72294.6	I 7P 3/2(5/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .1273+02 I .4551+02
71524.1	I 7P 3/2(5/2)3 - 70 3/2(3/2)2	I .9086+01 I .4695+03
69838.7	I 7P 3/2(1/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .3303+01 I .1637+04
52748.7	I 5F 3/2(5/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .3054+02 I .4556+04
52742.1	I 5F 3/2(5/2)3 - 70 3/2(3/2)2	I .3053+02 I .6379+05
52149.6	I 5F 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .3013+02 I .1949+05
52144.2	I 5F 3/2(3/2)1 - 70 3/2(3/2)2	I .3012+02 I .1722+04
33000.5	I 6P 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .8005+01 I .5802+05
29879.9	I 6P 3/2(3/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .7556+01 I .5509+05
29308.7	I 6P 3/2(5/2)2 - 70 3/2(3/2)2	I .5357+01 I .2896+03
29302.2	I 6P 3/2(5/2)3 - 70 3/2(3/2)2	I .4640+01 I .3567+04

28297.3	I	6P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.2426+01	I	.1817+05
22852.7	I	4F	3/2(5/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1554+01NSI	I	.2810+04
22861.6	I	4F	3/2(5/2)3	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1554+01NSI	I	.3934+05
22648.5	I	4F	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1451+01NSI	I	.9361+04
22646.9	I	4F	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1451+01NSI	I	.1040+04
13476.5	I	5P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.2414+01	I	.1918+06
13418.2	I	5P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.2259+01	I	.2056+05
13150.0	I	5P	3/2(5/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1758+01	I	.1068+04
13052.9	I	5P	3/2(5/2)3	-	7D	3/2(3/2)2	I	.1679+01	I	.1385+05
12588.3	I	5P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.9254+00	I	.7832+05
5444.7	I	4P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.9951+00	I	.1204+07
5400.5	I	4P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.9556+00	I	.1317+06
5266.9	I	4P	3/2(5/2)2	-	7D	3/2(3/2)2	I	.8419+00	I	.7783+04
5224.3	I	4P	3/2(5/2)3	-	7D	3/2(3/2)2	I	.8052+00	I	.1068+06
4877.6	I	4P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(3/2)2	I	.5264+00	I	.7659+06

I
IV.MEDIA = 336.7 NSEG.I
I

VICIA MEDIA DEL NIVEL 7D (3/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
266549.8	I	8P 3/2(1/2)0 - 7D 3/2(3/2)1	I .6119+04	I .2927+05
245471.1	I	8P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .5255+04	I .1280+05
242712.7	I	8P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .5187+04	I .6533+05
231650.2	I	8P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .4902+04	I .7988+04
209738.8	I	8P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .4267+04	I .2601+05
135732.2	I	6F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .3673+03	I .4762+05
133867.1	I	6F 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .3352+03	I .1887+04
133834.9	I	6F 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .3346+03	I .9427+04
71255.2	I	7P 3/2(1/2)0 - 7D 3/2(3/2)1	I .1238+02	I .3850+04
65496.5	I	7P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .4286+02	I .5494+04
65214.6	I	7P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .4457+02	I .2894+05
63789.4	I	7P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .5330+02	I .4160+04
61859.7	I	7P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .6488+02	I .1542+05
48072.1	I	5F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .1293+02	I .3774+05
47574.0	I	5F 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .1174+02	I .1473+04
47569.5	I	5F 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .1173+02	I .7361+04
30137.8	I	6P 3/2(1/2)0 - 7D 3/2(3/2)1	I .1211+00	I .4978+03
29427.6	I	6P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .2120+01	I .3325+04
28319.3	I	6P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .2316+01	I .1836+05
27805.0	I	6P 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .3327+01	I .3136+04
26894.7	I	6P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(3/2)1	I .6397+01	I .1563+05
21937.9	I	4F 3/2(5/2)2 - 7D 3/2(3/2)1	I .6936+00	UNSI .2129+05

21740.4	I	4F	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)1	I	.6186+00	UNSI	.8131+03
21738.9	I	4F	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)1	I	.6180+00	UNSI	.4063+04
13840.1	I	5P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(3/2)1	I	.2685-01	I	.1140+04
13149.7	I	5P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)1	I	.7897-01	I	.1251+04
13574.1	I	5P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)1	I	.9954-01	I	.7984+04
12838.6	I	5P	3/2(5/2)2	-	7D	3/2(3/2)1	I	.2217+00	I	.2123+04
12302.6	I	5P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(3/2)1	I	.6030+00	I	.1823+05
831.4	I	1SD		-	7D	3/2(3/2)1	I	.1511-02	NAI	.1771+07
5638.9	I	4P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(3/2)1	I	.9786-01	I	.6143+05
5397.6	I	4P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(3/2)1	I	.3198-01	I	.7352+04
5347.3	I	4P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(3/2)1	I	.2429-01	I	.2861+05
5216.2	I	4P	3/2(5/2)2	-	7D	3/2(3/2)1	I	.7628-02	I	.1089+04
4834.1	I	4P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(3/2)1	I	.1019-01	I	.5074+04

I I
IV.MEDIA = 439,1 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7D (3/2)(1/2)1

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
865374.3	I	8P 3/2(1/2)0 - 7D 3/2(1/2)1	I	.7405+04	I	.1285+04
574941.7	I	8P 3/2(3/2)2 - 7D 3/2(1/2)1	I	.7105+04	I	.2104+04
560334.1	I	8P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)1	I	.7076+04	I	.4534+03
411149.2	I	6P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)1	I	.6596+04	I	.2136+05
72514.4	I	7P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)1	I	.2804+02	I	.1669+05
76226.0	I	7P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)1	I	.7639+02	I	.1889+04

77310.6	I	7P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.6165+02	I	.9939+04
65487.6	I	7P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2287+03	I	.9121+05
802.9	I		150	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2565+02	I	.2789+07
32912.7	I	6P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2765+02	I	.9135+05
32448.3	I	6P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1549+02	I	.3589+05
30324.1	I	6P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1481+02	I	.5978+04
28685.0	I	6P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.7326+01	I	.6731+05
12666.4	I	5P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1955+01	I	.2168+05
13537.0	I	5P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.3692+01	I	.1626+05
13566.1	I	5P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.3625+01	I	.6624+05
14302.2	I	5P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(1/2)1	I	.5544+01	I	.2133+06
5714.1	I	4P	3/2(1/2)0	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1493+01	I	.8987+06
5459.7	I	4P	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1279+01	I	.9423+06
5414.9	I	4P	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1241+01	I	.6796+05
4389.3	I	4P	3/2(1/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.7879+00	I	.1516+07
22901.1	I	4F	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1512+01	INSI	.8533+04
22902.8	I	4F	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.1515+01	INSI	.4251+05
53517.7	I	5F	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2105+02	I	.6539+05
53512.0	I	5F	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.3106+02	I	.1368+05
194653.9	I	6F	3/2(3/2)1	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2306+04	I	.1373+05
194719.0	I	6F	3/2(3/2)2	-	7D	3/2(1/2)1	I	.2307+04	I	.9364+05

I
IV-MEDIA = 142.8 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7D (3/2)(1/2)0

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
665025.7 I	8P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .7092+04	I .1628+04
465350.8 I	8P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .6693+04	I .2247+05
73819.3 I	7P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .5473+02	I .4594+05
78631.2 I	7P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1216+03	I .1689+05
30585.5 I	6P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1972+02	I .4656+05
28918.9 I	6P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1062+02	I .1483+06
7772.0 I	5P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1622+01	I .1166+07
13558.7 I	5P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .4519+01	I .1224+06
5423.2 I	4P 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1374+01	I .5819+06
4896.1 I	4P 3/2(1/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .9317+00	I .2681+07
23049.9 I	4F 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .1469+01	INSI .4861+05
54331.6 I	5F 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .3044+02	I .7691+05
205952.1 I	6F 3/2(3/2)1 - 7D 3/2(1/2)0	I .2331+04	I .1081+06

I I
 IV.MEDIA = 197.4 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 70 (1/2)(5/2)3

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	I	P.T.(SEG-1)
22542.0	I	4F 1/2(7/2)4 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1398+01	NSI	.4542+05
22542.0	I	4F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1398+01	NSI	.1682+04
22546.7	I	4F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1400+01	NSI	.2244+04
22548.0	I	4F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1400+01	NSI	.1122+03
51226.6	I	5F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.2757+02	I	.1984+03
51222.4	I	5F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.2756+02	I	.3760+04
51181.8	I	5F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.2747+02	I	.2824+04
51181.8	I	5F 1/2(7/2)4 - 7D 1/2(5/2)3	I	.2747+02	I	.7625+05
164702.8	I	6F 1/2(7/2)4 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1187+04	I	.9871+05
164702.8	I	6F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1187+04	I	.3656+04
164907.8	I	6F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1190+04	I	.4876+04
164956.7	I	6F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1191+04	I	.2438+03
5319.2	I	4P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.5649+00	I	.1520+07
13122.6	I	5P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.7624+00	I	.1267+06
28948.3	I	6P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.1284+01	I	.2145+05
69079.2	I	7P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.3878+00	I	.4605+01
335799.9	I	8P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)3	I	.6447+04	I	.6887+05

 I I
 IV.MEDIA = 503.3 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 7D (1/2)(5/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP,I,(SEG-1)
366892.3 I	8P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .6631+04	I .5440+04
356252.0 I	8P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(5/2)2	I .6546+04	I .5290+05
71124.7 I	7P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .2954+01	I .3325+03
70375.0 I	7P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(5/2)2	I .1435+01	I .1501+04
29159.9 I	6P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .2963+01	I .4843+04
28945.7 I	6P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(5/2)2	I .2438+01	I .3666+05
13165.9 I	5P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .1244+01	I .2209+05
13059.9 I	5P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(5/2)2	I .1089+01	I .1783+06
5326.3 I	4P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .7199+00	I .1930+06
5281.9 I	4P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(5/2)2	I .6829+00	I .1690+07
22670.1 I	4F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .1462+01NSI	I .4908+05
22674.8 I	4F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .1483+01NSI	I .1637+03
22676.1 I	4F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .1484+01NSI	I .2292+04
51892.8 I	5F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .2942+02	I .3791+04
51888.5 I	5F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .2941+02	I .2708+03
51846.8 I	5F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .2934+02	I .8123+05
171880.4 I	6F 1/2(7/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .1399+04	I .1062+06
172016.4 I	6F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(5/2)2	I .1401+04	I .3541+03
172069.6 I	6F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(5/2)2	I .1403+04	I .4958+04

I
 IV.MEDIA = 411.0 NSEG.I
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 70 (1/2)(3/2)2
=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IN.T.(SEG-1)
5329.5	I	4P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.7905+00	I .3174+06
5285.0	I	4P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.7525+00	I .3043+05
5388.9	I	4P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.8419+00	I .1617+07
13169.1	I	5P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1465+01	I .2166+06
13079.2	I	5P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1322+01	I .3992+04
13185.5	I	5P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1492+01	I .3056+05
29256.2	I	6P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3941+01	I .9566+04
29340.6	I	6P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3327+01	I .8173+03
28769.4	I	6P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3135+01	I .4354+05
71318.5	I	7P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.5049+01	I .4705+04
70738.6	I	7P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3916+01	I .7411+02
71700.5	I	7P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.6336+01	I .1245+04
362746.5	I	8P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.6702+04	I .7265+04
371181.3	I	8P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.6621+04	I .3743+03
362436.8	I	8P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)2	I	.6553+04	I .4649+05
175478.6	I	6F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1503+04	I .7512+04
175423.3	I	6F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1501+04	I .1852+06
52194.2	I	5F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3007+02	I .7097+05
52198.6	I	5F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.3007+02	I .5712+04
22734.4	I	4F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1512+01NSI	.3476+04
22733.0	I	4F 1/2(5/2)3 - 7D 1/2(3/2)2	I	.1512+01NSI	.4866+05

I I
IV.MEDIA = 358.8 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 70 (1/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R. (U.A.)	I	P. (SEG-1)
22186.1	I	4F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1034+01	NSI	.3837+05
49396.1	I	5F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1994+02	I	.6703+05
147370.8	I	6F 1/2(5/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.6735+03	I	.8527+05
5298.8	I	4P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1793+00	I	.1357+05
5254.0	I	4P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1596+00	I	.6197+05
5357.5	I	4P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2072+00	I	.1517+06
5734.2	I	4P 1/2(1/2)0 - 7D 1/2(3/2)1	I	.4338+00	I	.5180+06
792.6	I	1S0 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2118-02	NAI	.2565+07
13715.7	I	5P 1/2(1/2)0 - 7D 1/2(3/2)1	I	.3957+00	I	.3452+05
12983.2	I	5P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1791-01	I	.9209+03
12895.9	I	5P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.5754-02	I	.1510+03
12999.2	I	5P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2086-01	I	.1069+03
28354.6	I	6P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2903+00	I	.1433+03
28152.0	I	6P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.4555+00	I	.1149+04
28085.1	I	6P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.5178+00	I	.2631+04
70821.0	I	7P 1/2(1/2)0 - 7D 1/2(3/2)1	I	.3380+01	I	.2142+04
66187.9	I	7P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2088+02	I	.8104+04
65860.5	I	7P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.2254+02	I	.4440+04
66516.7	I	7P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.1925+02	I	.7363+03
270299.5	I	8P 1/2(3/2)2 - 7D 1/2(3/2)1	I	.5721+04	I	.3261+04
264479.9	I	8P 1/2(3/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.5611+04	I	.1707+05
260510.0	I	8P 1/2(1/2)1 - 7D 1/2(3/2)1	I	.5523+04	I	.3536+05

461

115.

302017.5 I 80 1/2(1/2)0 - 70 1/2(3/2)1 I .6292+04 I .5078+05

I I
IV.MEDIA = 273.0 NSEG.I
I I

462

CONFIGURACIONES $3p^5n\ell$

463

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(9/2)5

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
64486.6	I	4D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(9/2)5	I	.8359+03NSI	.4012+06
13410.0	I	3D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(9/2)5	I	.1514+03NSI	.1817+08

I I
 IV.MEDIA = 53.8 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(9/2)4

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
100518.7	I	4D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(9/2)4	I	.8795+03NSI	.2326+06
64454.5	I	4D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(9/2)4	I	.8361+03NSI	.1115+05
13409.2	I	3D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(9/2)4	I	.1513+03NSI	.5047+06
13913.3	I	3D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(9/2)4	I	.1667+03NSI	.1742+08

I I
 IV.MEDIA = 55.0 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(5/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
150945.4 I	4D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(5/2)3	I .6063+03NSI .5853+04
127399.9 I	4D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(5/2)3	I .8444+03NSI .1372+04
75577.3 I	4D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(5/2)3	I .8374+03NSI .4192+06
98340.0 I	4D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(5/2)3	I .8474+03NSI .8772+02
82911.2 I	4D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(5/2)3	I .8429+03NSI .3931+04
15353.4 I	3D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(5/2)3	I .2097+03NSI .3893+07
14697.8 I	3D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(5/2)3	I .1891+03NSI .2001+06
12359.7 I	3D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(5/2)3	I .1186+03NSI .1358+08
13870.7 I	3D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(5/2)3	I .1634+03NSI .6029+04
13369.7 I	3D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(5/2)3	I .1482+03NSI .1649+06

I
IV.MEDIA = 54.7 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(5/2)2
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	IP.T. (SEG-1)
140363.9 I	4D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(5/2)2	I .8616+03	I .1475+04
119733.2 I	4D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(5/2)2	I .8657+03	I .3322+05
72811.5 I	4D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(5/2)2	I .8516+03	I .4767+05
231341.6 I	4D 3/2(3/2)1 - 4F 3/2(5/2)2	I .8393+03	I .1318+05
93708.4 I	4D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(5/2)2	I .8657+03	I .2900+04
15235.9 I	3D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(5/2)2	I .2002+03NSI	.2664+06
14590.0 I	3D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(5/2)2	I .1800+03NSI	.3017+07
16307.0 I	3D 3/2(3/2)1 - 4F 3/2(5/2)2	I .2342+03NSI	.1550+08
12283.4 I	3D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(5/2)2	I .1112+03NSI	.1297+07
13774.7 I	3D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(5/2)2	I .1549+03NSI	.1633+06

I I
IV.MEDIA = 51.9 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(7/2)3

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
146190.3 I	4D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(7/2)3	I .8477+03NSI .3205+04
124181.9 I	4D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(7/2)3	I .8528+03NSI .1052+06
96411.5 I	4D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(7/2)3	I .8546+03NSI .3802+05
81536.1 I	4D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(7/2)3	I .8491+03NSI .2313+04
15305.6 I	3D 3/2(5/2)3 - 4F 3/2(7/2)3	I .2063+03NSI .6797+06
14653.9 I	3D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(7/2)3	I .1858+03NSI .1395+08
13831.7 I	3D 3/2(7/2)3 - 4F 3/2(7/2)3	I .1604+03NSI .2417+07
13333.5 I	3D 3/2(7/2)4 - 4F 3/2(7/2)3	I .1453+03NSI .9053+05

I
IV.MEDIA = 29.9 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (3/2)(3/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
124506.2 I	4D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(3/2)1	I .8272+03NSI .1968+04
293859.6 I	4D 3/2(3/2)1 - 4F 3/2(3/2)1	I .7921+03NSI .2112+04
78322.6 I	4D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(3/2)1	I .8257+03NSI .2348+05
65366.5 I	4D 3/2(1/2)1 - 4F 3/2(3/2)1	I .8099+03NSI .1986+06
59559.8 I	4D 3/2(1/2)0 - 4F 3/2(3/2)1	I .7982+03NSI .5077+06
14787.7 I	3D 3/2(5/2)2 - 4F 3/2(3/2)1	I .1956+03NSI .3501+06
16354.7 I	3D 3/2(3/2)1 - 4F 3/2(3/2)1	I .2511+03NSI .3738+07
12423.3 I	3D 3/2(3/2)2 - 4F 3/2(3/2)1	I .1239+03NSI .8725+06
11947.1 I	3D 3/2(1/2)1 - 4F 3/2(3/2)1	I .1103+03NSI .4370+07
11736.4 I	3D 3/2(1/2)0 - 4F 3/2(3/2)1	I .1045+03NSI .9732+07

I I
 IV.MEDIA = 53.2 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (1/2)(7/2)4

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.I.(SEG-1)
111125.8 I	4D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(7/2)4	I .8442+03NSI .1781+06
14638.3 I	3D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(7/2)4	I .1879+03NSI .1734+08

I I
 IV.MEDIA = 57.1 NSEG.I
 I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (1/2)(7/2)3

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
96691.8 I	4D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(7/2)3	I .8444+03NSI .2576+06
111125.8 I	4D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(7/2)3	I .8442+03NSI .8479+04
14638.3 I	3D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(7/2)3	I .1879+03NSI .8257+06
14250.5 I	3D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(7/2)3	I .1762+03NSI .1674+08

I
IV.MEDIA = 56.1 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (1/2)(5/2)3

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
14600.4 I	3D 1/2(3/2)2 - 4F 1/2(5/2)3	I .1866+03NSI .1620+08
14258.7 I	3D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(5/2)3	I .1760+03NSI .5579+05
14636.3 I	3D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(5/2)3	I .1878+03NSI .1101+07
111012.3 I	4D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(5/2)3	I .8446+03NSI .1134+05
96595.9 I	4D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(5/2)3	I .8447+03NSI .8611+03
94932.5 I	4D 1/2(3/2)2 - 4F 1/2(5/2)3	I .8445+03NSI .2666+06

I
IV.MEDIA = 56.7 NSEG.I
I

469

VIDA MEDIA DEL NIVEL 4F (1/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
155617.9 I	4D 1/2(3/2)1 - 4F 1/2(5/2)2	I .8749+03NSI	.5386+05
94939.1 I	4D 1/2(3/2)2 - 4F 1/2(5/2)2	I .8446+03NSI	.2559+05
96571.7 I	4D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(5/2)2	I .8448+03NSI	.1689+05
110990.3 I	4D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(5/2)2	I .8447+03NSI	.7949+03
14635.7 I	3D 1/2(5/2)3 - 4F 1/2(5/2)2	I .1877+03NSI	.7703+05
14258.1 I	3D 1/2(5/2)2 - 4F 1/2(5/2)2	I .1760+03NSI	.1093+07
14579.8 I	3D 1/2(3/2)2 - 4F 1/2(5/2)2	I .1866+03NSI	.1620+07
15934.1 I	3D 1/2(3/2)1 - 4F 1/2(5/2)2	I .2276+03NSI	.1376+08

I I
IV.MEDIA = 60.1 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(9/2)5

=====

EN A I	TRANSICION	I P.P.(U.A.)	IP.I.(SEG-1)
151613.9 I	5D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)5	I .2665+04	I .2217+06
27233.1 I	4D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)5	I .9418+02	I .1350+07
10054.8 I	3D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)5	I .2969+02NSI	.8454+07

I I
IV.MEDIA = 99.8 NSEG.I
I I

470

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(9/2)4

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.I.(SEG-1)
186748.2 I	5D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(9/2)4	I .2755+04	I .1190+06
151613.9 I	5D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)4	I .2665+04	I .6140+04
28712.8 I	4D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(9/2)4	I .1347+03	I .1602+07
27233.1 I	4D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)4	I .9418+02	I .3749+05
10335.6 I	3D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(9/2)4	I .3002+02NSI	.7054+07
10054.8 I	3D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(9/2)4	I .2969+02NSI	.2348+06

I
IV.MEDIA = 101.5 NSEG.I
I

471

125.

VIDA MEDIA DEL NIVEL SF (3/2)(7/2)4
=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
257612.0	I	5D 3/2(5/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.2850+04	I .4135+05
179314.1	I	5D 3/2(7/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.2771+04	I .8521+03
146676.9	I	5D 3/2(7/2)4 - SF 3/2(7/2)4	I	.2672+04	I .3404+05
21728.0	I	4D 3/2(5/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.2257+03	I .1754+07
28530.9	I	4D 3/2(7/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.1223+03	I .6049+04
27069.5	I	4D 3/2(7/2)4 - SF 3/2(7/2)4	I	.8415+02	I .1705+06
11109.5	I	3D 3/2(5/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.3331+02NSI	.6027+07
10311.9	I	3D 3/2(7/2)3 - SF 3/2(7/2)4	I	.3066+02NSI	.3232+05
10332.4	I	3D 3/2(7/2)4 - SF 3/2(7/2)4	I	.2963+02NSI	.1180+07

I I
IV.MEDIA = 108.2 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(7/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
257612.0 I	5D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .2853+04	I .1969+04
229478.6 I	5D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(7/2)3	I .2835+04	I .5543+05
179314.1 I	5D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .2771+04	I .1917+05
146676.9 I	5D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(7/2)3	I .2672+04	I .1251+04
31728.0 I	4D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .2259+03	I .8354+05
30552.8 I	4D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(7/2)3	I .1849+03	I .1532+07
28530.9 I	4D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .1223+03	I .2100+06
27369.5 I	4D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(7/2)3	I .8415+02	I .6264+04
11109.5 I	3D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .3331+02NSI	.2870+06
10762.1 I	3D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(7/2)3	I .3244+02NSI	.6149+07
10311.9 I	3D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(7/2)3	I .3086+02NSI	.1122+07
10332.4 I	3D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(7/2)4	I .2963+02NSI	.1180+07

I
IV.MEDIA = 93.9 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DFL NIVEL 5F (3/2)(5/2)3

=====

CH A I	TRANSICION	I P.D.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
148851.5 I	5D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(5/2)3	I .2669+04	I .2151+04
162574.8 I	5D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .2764+04	I .4472+02
161038.2 I	5D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .2712+04	I .1403+06
234846.2 I	5D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .2824+04	I .7326+03
264395.9 I	5D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .2837+04	I .1031+05
31928.6 I	4D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .2336+03	I .4869+06
30646.1 I	4D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .1919+03	I .2240+05
26306.9 I	4D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .6923+02	I .2219+06
28612.2 I	4D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .1278+03	I .5372+03
27142.6 I	4D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(5/2)3	I .8858+02	I .1177+06
11121.8 I	3D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .3315+02NSI	.1620+07
10773.7 I	3D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .3235+02NSI	.8693+05
9461.7 I	3D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)3	I .2668+02NSI	.6807+07
10322.5 I	3D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)3	I .3055+02NSI	.2761+04
10042.5 I	3D 3/2(7/2)4 - 5F 3/2(5/2)3	I .2967+02NSI	.7786+05

I
IV.MEDIA = 99.1 NSEG.1
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
264228.7 I	5D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .2837+04	I .7234+03
234714.3 I	5D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .2824+04	I .1438+05
515757.3 I	5D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(5/2)2	I .2822+04	I .4000+04
160976.2 I	5D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .2712+04	I .1405+05
182495.1 I	5D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .2765+04	I .1254+04
31826.2 I	4D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .2334+03	I .3407+05
30643.8 I	4D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .1917+03	I .4388+05
34960.5 I	4D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(5/2)2	I .3564+03	I .1622+07
26305.3 I	4D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .6913+02	I .8208+05
28610.3 I	4D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .1277+03	I .1503+05
11121.5 I	3D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .3316+02NSI	I .1134+05
10773.4 I	3D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .3235+02NSI	I .1704+07
11681.7 I	3D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(5/2)2	I .3377+02NSI	I .4120+07
9461.5 I	3D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(5/2)2	I .2668+02NSI	I .6807+05
10322.3 I	3D 3/2(7/2)3 - 5F 3/2(5/2)2	I .3085+02NSI	I .7732+05

I
IV.MEDIA = 112,1 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(3/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.P. (U.A.)	I P.I. (SEG-1)
200362.8 I	5D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(3/2)2	I .2807+04	I .6001+03
247359.1 I	5D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .2798+04	I .7134+02
561022.6 I	5D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)2	I .2777+04	I .1140+03
166825.0 I	5D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .2701+04	I .4242+05
132715.7 I	5D 3/2(1/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .2568+04	I .0000
32048.3 I	4D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(3/2)2	I .2507+03	I .4115+05
30849.7 I	4D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .2073+03	I .2724+04
35228.7 I	4D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)2	I .3779+03	I .7004+05
26456.8 I	4D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .7789+02	I .3067+06
24783.5 I	4D 3/2(1/2)1 - 5F 3/2(3/2)2	I .4365+02	I .5636+06
11148.5 I	3D 3/2(5/2)3 - 5F 3/2(3/2)2	I .3276+02NSI	I .1277+06
10798.7 I	3D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .3210+02NSI	I .9838+04
11711.5 I	3D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)2	I .3312+02NSI	I .1671+06
9481.0 I	3D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)2	I .2689+02NSI	I .2301+07
9201.1 I	3D 3/2(1/2)1 - 5F 3/2(3/2)2	I .2530+02NSI	I .6580+07

I
IV.MEDIA = 97.7 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (3/2)(3/2)1

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
247481.7 I	5D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .2798+04	I .1068+04
581699.2 I	5D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .2777+04	I .9528+03
166880.7 I	5D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .2700+04	I .7848+04
132751.0 I	5D 3/2(1/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .2568+04	I .7413+05
112102.6 I	5D 3/2(1/2)0 - 5F 3/2(3/2)1	I .2418+04	I .2319+06
30851.6 I	4D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .2074+03	I .4089+05
25231.2 I	4D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .3781+03	I .5839+06
26458.2 I	4D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .7796+02	I .5685+05
24784.7 I	4D 3/2(1/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .4390+02	I .1948+06
23957.7 I	4D 3/2(1/2)0 - 5F 3/2(3/2)1	I .3062+02	I .3008+06
10799.0 I	3D 3/2(5/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .3210+02NSI	I .1476+06
11711.7 I	3D 3/2(3/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .3311+02NSI	I .1392+07
9481.2 I	3D 3/2(3/2)2 - 5F 3/2(3/2)1	I .2689+02NSI	I .4261+06
9201.2 I	3D 3/2(1/2)1 - 5F 3/2(3/2)1	I .2530+02NSI	I .2194+07
9075.8 I	3D 3/2(1/2)0 - 5F 3/2(3/2)1	I .2455+02NSI	I .4436+07

I
IV.MEDIA = 99.1 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (1/2)(7/2)4
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP,I,(SEG-1)
10736.8 I	3D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)4	I .3220+02 NSI .7530+07
29566.4 I	4D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)4	I .1570+03 I .1768+07
172926.5 I	5D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)4	I .2739+04 I .1533+06

I I
IV, MEDIA = 105.8 NSEG, I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (1/2)(7/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP,I,(SEG-1)
10532.2 I	3D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(7/2)3	I .3180+02 NSI .7491+07
10736.8 I	3D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)3	I .3020+02 NSI .3566+06
29566.4 I	4D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)3	I .1570+03 I .8417+05
26456.1 I	4D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(7/2)3	I .1232+03 I .1436+07
159679.7 I	5D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(7/2)3	I .2702+04 I .1863+06
172926.5 I	5D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(7/2)3	I .2739+04 I .7300+04

I I
IV, MEDIA = 104.5 NSEG, I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (1/2)(5/2)2

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
11431,8 I 3D 1/2(3/2)1 - 5F 1/2(5/2)2	I ,3352+02NSI ,5498+07	
10715,5 I 3D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,3216+02NSI ,7062+06	
10530,3 I 3D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,3159+02NSI ,4872+06	
10734,8 I 3D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)2	I ,3222+02NSI ,3350+05	
29551,4 I 4D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)2	I ,1568+03 I ,7814+04	
28422,3 I 4D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,1210+03 I ,9647+05	
28276,5 I 4D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,1189+03 I ,1420+06	
31995,2 I 4D 1/2(3/2)1 - 5F 1/2(5/2)2	I ,2415+03 I ,1785+07	
310654,5 I 5D 1/2(3/2)1 - 5F 1/2(5/2)2	I ,2840+04 I ,2303+05	
130811,3 I 5D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,2578+04 I ,3111+05	
158250,3 I 5D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)2	I ,2711+04 I ,1227+05	
172416,7 I 5D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)2	I ,2740+04 I ,6877+03	

I	I	
IV.MEDIA = 113,3 NSEG,I		
I	I	

VIDA MEDIA DEL NIVEL 5F (1/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP,I.(SEG-1)
28277.7 I	4D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .1190+03	I .1421+07
28423.5 I	4D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .1231+03	I .4925+04
29552.8 I	4D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)3	I .1569+03	I .1117+06
10735.0 I	3D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)3	I .3222+02NSI	.4786+06
10530.5 I	3D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .3159+02NSI	.2485+05
10715.7 I	3D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .3216+02NSI	.7061+07
130838.7 I	5D 1/2(3/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .2578+04	I .3109+06
158290.5 I	5D 1/2(5/2)2 - 5F 1/2(5/2)3	I .2701+04	I .6257+03
172454.3 I	5D 1/2(5/2)3 - 5F 1/2(5/2)3	I .2740+04	I .9816+04

 I
 IV.MEDIA = 106.1 NSEG.I
 I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(9/2)5

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
254194.6 I	6D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)5	I .6036+04	I .1064+06
49738.6 I	5D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)5	I .6066+02	I .1427+06
19908.7 I	4D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)5	I .3005+02	I .1102+07
8852.4 I	3D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)5	I .1109+02NSI	.4626+07

I I
IV.MEDIA = 157.3 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(9/2)4

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
366576.8 I	6D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(9/2)4	I .6509+04	I .3715+05
254194.6 I	6D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)4	I .6036+04	I .2954+04
53010.5 I	5D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(9/2)4	I .1293+03	I .2443+06
49738.6 I	5D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)4	I .6066+02	I .3963+04
20688.0 I	4D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(9/2)4	I .3793+02	I .1205+07
19908.7 I	4D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)4	I .3005+02	I .3062+05
9369.3 I	3D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(9/2)4	I .1124+02NSI	.4240+07
8852.4 I	3D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(9/2)4	I .1109+02NSI	.1285+06

I I
IV.MEDIA = 169.7 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(7/2)4

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.I.(SEG-I)
442751.5	I 6D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .6681+04	I .1913+05
351567.5	I 6D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .6524+04	I .1724+03
246940.4	I 6D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)4	I .6617+04	I .1608+05
57848.9	I 5D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .2633+03	I .3374+06
52683.1	I 5D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .1133+03	I .8901+03
49450.3	I 5D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)4	I .5056+02	I .1681+05
22260.6	I 4D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .5233+02	I .1177+07
20638.0	I 4D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .3591+02	I .4692+04
19862.3	I 4D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)4	I .2812+02	I .1442+06
9669.5	I 3D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .1152+02NSI	.3161+07
9059.6	I 3D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)4	I .1145+02NSI	.1768+05
8843.2	I 3D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)4	I .1123+02NSI	.6541+06

I
IV.MEDIA = 180.2 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(7/2)3

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.R.(U.A.)IP.T.(SEG-1)
442751.5	I	6D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.6681+04 I .9094+03
431945.4	I	6D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(7/2)3	I	.6669+04 I .1955+05
351567.5	I	6D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.6524+04 I .5986+04
246840.4	I	6D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)3	I	.6017+04 I .5908+03
57848.9	I	5D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.2633+03 I .1606+05
56299.0	I	5D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(7/2)3	I	.2123+03 I .2810+06
52683.1	I	5D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.1133+03 I .3090+05
49450.3	I	5D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)3	I	.5056+02 I .6174+03
22260.6	I	4D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.5233+02 I .5604+05
21675.6	I	4D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(7/2)3	I	.4651+02 I .1079+07
20538.0	I	4D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.3591+02 I .1629+06
19862.3	I	4D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)3	I	.2812+02 I .5298+04
9669.5	I	3D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.1152+02NSI .1505+06
9405.3	I	3D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(7/2)3	I	.1158+02NSI .3287+07
9059.6	I	3D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(7/2)3	I	.1145+02NSI .6138+06
8843.2	I	3D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(7/2)3	I	.1125+02NSI .2403+05

I I
IV.MEDIA = 174.4 NSEG.I

I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(5/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	IP.T.(SEG-1)
456745.2	I 6D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .6663+04	I .4699+04
444600.7	I 6D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .6651+04	I .2543+03
411792.4	I 6D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .6611+04	I .2846+05
360333.7	I 6D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .6516+04	I .1371+02
251130.0	I 6D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(5/2)3	I .6029+04	I .1012+04
58781.4	I 5D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .2785+03	I .9554+05
56519.2	I 5D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .2257+03	I .4201+04
50904.3	I 5D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .7949+02	I .1302+06
52875.9	I 5D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .1226+03	I .8167+02
49620.1	I 5D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(5/2)3	I .5640+02	I .1227+04
22294.9	I 4D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .5347+02	I .3243+06
21708.2	I 4D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .4770+02	I .1567+05
19437.2	I 4D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .2486+02	I .7317+06
20567.5	I 4D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .3715+02	I .4139+03
19389.7	I 4D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(5/2)3	I .2925+02	I .9884+04
9676.0	I 3D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .1133+02NSI	.8402+06
9411.4	I 3D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .1141+02NSI	.4601+05
8394.6	I 3D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)3	I .1053+02NSI	.3846+07
9065.3	I 3D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)3	I .1133+02NSI	.1497+04
8948.6	I 3D 3/2(7/2)4 - 6F 3/2(5/2)3	I .1116+02NSI	.4281+05

I
IV.MEDIA = 153.5 NSFG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(5/2)2

EN A	I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	I P.T. (SEG-1)
456307.6	I	6D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .6663+04	I .3299+03
444838.3	I	6D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .6652+04	I .4977+04
413140.1	I	6D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(5/2)2	I .6665+04	I .2115+03
411436.7	I	6D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .6611+04	I .2051+04
360061.3	I	6D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .6516+04	I .3848+03
58074.3	I	5D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .2781+03	I .6679+04
56512.5	I	5D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .2253+03	I .8122+05
55346.6	I	5D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(5/2)2	I .5659+03	I .3999+06
55089.9	I	5D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .7927+02	I .1299+05
52070.0	I	5D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .1224+03	I .2282+04
22293.9	I	4D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .5344+02	I .2269+05
21767.2	I	4D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .4766+02	I .3069+06
23787.8	I	4D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(5/2)2	I .6660+02	I .9623+06
19436.4	I	4D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .2483+02	I .7308+05
20666.6	I	4D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .3707+02	I .1158+05
9675.8	I	3D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .1133+02NSI	.5685+05
9411.2	I	3D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .1142+02NSI	.9522+06
10097.0	I	3D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(5/2)2	I .1093+02NSI	.2065+07
8594.4	I	3D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(5/2)2	I .1053+02NSI	.3847+06
9065.1	I	3D 3/2(7/2)3 - 6F 3/2(5/2)2	I .1133+02NSI	.4193+05

I
IV.MEDIA = 137.2 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL GF (3/2)(3/2)2

=====

FN A I	TRANSICION	I P.R. (U.A.)	I P.T. (SEG-1)
478744.0 I	6D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(3/2)2	I .6634+04	I .3256+03
466134.7 I	6D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .6624+04	I .2524+02
2253769.1 I	6D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .6590+04	I .4665+01
429589.7 I	6D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .6588+04	I .6061+04
174413.7 I	6D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .5020+04	I .1917+06
58422.8 I	5D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(3/2)2	I .3015+03	I .8169+04
56842.4 I	5D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .2461+03	I .5170+03
65484.0 I	5D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .6010+03	I .1734+05
51166.3 I	5D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .9058+02	I .4932+05
47427.8 I	5D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .2947+02	I .5597+05
22345.0 I	4D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(3/2)2	I .5508+02	I .2667+05
21755.7 I	4D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .4939+02	I .1851+04
23846.0 I	4D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .6704+02	I .4050+05
19475.3 I	4D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .2646+02	I .2613+06
16553.1 I	4D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .1801+02	I .5713+06
9685.4 I	3D 3/2(5/2)3 - 6F 3/2(3/2)2	I .1103+02NSI	.6560+05
9420.3 I	3D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .1117+02NSI	.5154+04
10107.5 I	3D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .1056+02NSI	.5287+05
8401.7 I	3D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)2	I .1045+02NSI	.1285+07
8181.1 I	3D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)2	I .1005+02NSI	.3719+07

I I
IV.MEDIA = 156.5 MSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (3/2)(3/2)1

=====

EN A	I	TRANSICION	I	P.P. (U.A.)	I	P.T. (SEG-1)
466525.4	I	6D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.6623+04	I	.3773+03
2262933.4	I	6D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.6589+04	I	.3843+02
429921.5	I	6D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.6588+04	I	.1123+04
174468.3	I	6D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.5020+04	I	.6301+05
187885.1	I	6D 3/2(1/2)0 - 6F 3/2(3/2)1	I	.5267+04	I	.1073+06
56048.2	I	5D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.2464+03	I	.7763+04
65491.7	I	5D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.6016+03	I	.1443+06
51171.0	I	5D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.9078+02	I	.9151+04
47431.8	I	5D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.2958+02	I	.1872+05
44503.0	I	5D 3/2(1/2)0 - 6F 3/2(3/2)1	I	.5330+01	I	.8163+04
21756.5	I	4D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.4942+02	I	.2773+05
23847.1	I	4D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.6786+02	I	.3373+06
19475.9	I	4D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.2649+02	I	.4843+05
18553.7	I	4D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1803+02	I	.1907+06
18086.4	I	4D 3/2(1/2)0 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1419+02	I	.3233+06
9420.5	I	3D 3/2(5/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1116+02NSI	I	.7727+05
10107.7	I	3D 3/2(3/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1055+02NSI	I	.6901+06
8401.8	I	3D 3/2(3/2)2 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1045+02NSI	I	.2373+06
8181.2	I	3D 3/2(1/2)1 - 6F 3/2(3/2)1	I	.1005+02NSI	I	.1243+07
8081.9	I	3D 3/2(1/2)0 - 6F 3/2(3/2)1	I	.9847+01NSI	I	.2513+07

I
IV.MEDIA = 165.2 NSEG.I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (1/2)(7/2)4
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
21145,3 I	4D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)4	I .4201+02	I .1285+07
9390,2 I	3D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)4	I .1141+02NSI	.4002+07
51941,6 I	5D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)4	I .1011+03	I .2089+06
300570,9 I	6D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)4	I .6320+04	I .6736+05

I
IV.MEDIA = 179,7 NSEG,I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (1/2)(7/2)3
=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
20550,8 I	4D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(7/2)3	I .3613+02	I .1143+07
21145,3 I	4D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)3	I .4201+02	I .6124+05
9390,2 I	3D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)3	I .1141+02NSI	.1906+06
9223,7 I	3D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(7/2)3	I .1139+02NSI	.4002+07
50577,6 I	5D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(7/2)3	I .7331+02	I .1562+06
51941,6 I	5D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)3	I .1011+03	I .9947+04
300570,9 I	6D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(7/2)3	I .6320+04	I .3208+04
270841,4 I	6D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(7/2)3	I .6164+04	I .8552+05

I
IV.MEDIA = 177,0 NSEG,I
I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (1/2)(5/2)3

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
51929.2 I 5D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)3	I .1006+03	I .1320+05	
50565.8 I 5D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .7285+02	I .5177+03	
47399.5 I 5D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .2575+02	I .6537+05	
240033.7 I 6D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .5938+04	I .1160+06	
270504.4 I 6D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .6164+04	I .2861+03	
300155.9 I 6D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)3	I .6320+04	I .4295+04	
21143.3 I 4D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)3	I .4193+02	I .8152+05	
20558.9 I 4D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .3595+02	I .3802+04	
20482.5 I 4D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .3518+02	I .1106+07	
9355.1 I 3D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .1142+02NSI	.5757+07	
9223.3 I 3D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)3	I .1140+02NSI	.1335+05	
9379.8 I 3D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)3	I .1142+02NSI	.2544+06	

I I
IV.MEDIA = 184.7 NSEG.I
I I

VIDA MEDIA DEL NIVEL 6F (1/2)(5/2)2

=====

EN A I	TRANSICION	I P.R.(U.A.)	I P.T.(SEG-1)
299994.1 I	6D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)2	I .6320+04	I .5011+03
270373.0 I	6D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .6164+04	I .5615+04
239920.3 I	6D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .5937+04	I .1152+05
507460.8 I	6D 1/2(3/2)1 - 6F 1/2(5/2)2	I .6702+04	I .1247+05
59959.9 I	5D 1/2(3/2)1 - 6F 1/2(5/2)2	I .3477+03	I .3921+06
47385.5 I	5D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .2566+02	I .6514+04
50551.2 I	5D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .7267+02	I .1212+05
51924.3 I	5D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)2	I .1004+03	I .9221+03
21142.5 I	4D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)2	I .4190+02	I .5703+04
20558.1 I	4D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .3592+02	I .7446+05
20431.7 I	4D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .3515+02	I .1105+06
22354.6 I	4D 1/2(3/2)1 - 6F 1/2(5/2)2	I .5408+02	I .1175+07
9684.9 I	3D 1/2(3/2)1 - 6F 1/2(5/2)2	I .1118+02NSI	.2914+07
9354.9 I	3D 1/2(3/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .1143+02NSI	.3758+06
9223.1 I	3D 1/2(5/2)2 - 6F 1/2(5/2)2	I .1141+02NSI	.2616+.6
9379.7 I	3D 1/2(5/2)3 - 6F 1/2(5/2)2	I .1143+02NSI	.1781+05

I
IV.MEDIA = 189.6 NSEG.I
I

